ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ

ΖΑΒΕΡΔΙΝΟΣ Α. ΜΙΧΑΗΛ

Επιβλέπων Καθηγητής:

Μπενάρδος Ανδρέας

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2011

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ

ΖΑΒΕΡΔΙΝΟΣ Α. ΜΙΧΑΗΛ

Επιβλέπων Καθηγητής: Μπενάρδος Ανδρέας, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις

Καλιαμπάκος Δημήτριος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Δαμίγος Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Μπενάρδος Ανδρέας, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2011

Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια, ο τομέας των υπόγειων έργων γνωρίζει μεγάλη άνθιση εξαιτίας της έλλειψης ελεύθερου επιφανειακού χώρου αλλά και τη συνεχή υποβάθμισης της ποιότητας της ζωής. Η υπόγεια ανάπτυξη συμβάλλει στην δημιουργία λύσεων που μπορούν να μεταφέρουν δραστηριότητες εντός του υπεδάφους, εξασφαλίζοντας χώρο στην επιφάνεια για ζωτικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Τα τελευταία χρόνια, πέρα από τα υπόγεια έργα συγκοινωνιακού χαρακτήρα, έχουν αναπτυχθεί έργα με σκοπό την αποθήκευση τοξικών, ραδιενεργών και πυρηνικών αποβλήτων στο υπέδαφος εξασφαλίζοντας την απομόνωσή τους από τη βιόσφαιρα.

Με αφορμή την δημιουργία του πρώτου υπόγειου αποθηκευτικού χώρου διάθεσης τοξικών αποβλήτων στα ελληνικά χρονικά στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο του Λαυρίου (ΤΠΠΛ), στην παρούσα Διπλωματική Εργασία μελετάται η προοπτική της δημιουργίας επεκτάσεων στον ήδη υφιστάμενο υπόγειο χώρο. Παρουσιάζονται οι δύο εναλλακτικές λύσεις, τα χαρακτηριστικά της κάθε μίας ξεχωριστά, η εκτίμηση του κόστους τους, καθώς και οι τελικές επιλογές.

Πιο αναλυτικά, η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει την εξής δομή:

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην εξέλιξη των υπογείων έργων και κατασκευών από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά σε αντίστοιχα παραδείγματα υπόγειων αποθηκευτικών χώρων για ραδιενεργά και τοξικά απόβλητα σε περιοχές της Αμερικής και της Ευρώπης. Επίσης, γίνεται αναφορά στον υπόγειο χώρο διάθεσης τοξικών αποβλήτων στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο του Λαυρίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην περιοχή του Λαυρίου, παρουσιάζονται τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής, καθώς και το ήδη υφιστάμενο υπόγειο αποθηκευτικό συγκρότημα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξηγούνται οι εναλλακτικές λύσεις και στην συνέχεια γίνεται αναφορά στον τρόπο σχεδίασης των πιθανών επεκτάσεων με την μέθοδο των

«θαλάμων και στύλων». Τέλος, παρουσιάζεται η ακριβής διαστασιολόγηση των προτεινόμενων επεκτάσεων, καθώς και η διαμόρφωσή τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην προτεινόμενη μέθοδο κατασκευής των συγκεκριμένων επεκτάσεων καθώς και τον χρόνο που απαιτούνται για να πραγματοποιηθούν όλες οι εργασίες.

Στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην εκτίμηση του κόστους κατασκευής των προτεινόμενων επεκτάσεων.

Στο κεφάλαιο των συμπερασμάτων δίνεται η συνοπτική παρουσίαση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων για την κάθε προτεινόμενη επέκταση καθώς και το συνολικό κόστος της κάθε μίας. Τέλος, δίνεται και η τελική πρόταση κατασκευής της επέκτασης του υπογείου συγκροτήματος του ΤΠΠΛ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος Υπογείων Έργων της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. Με αφορμή την ολοκλήρωσή της, εκφράζονται ειλικρινείς ευχαριστίες στον κ. Μπενάρδο Ανδρέα, Λέκτορα Ε.Μ.Π. για την ανάθεση του θέματος, καθώς επίσης για τις ουσιαστικές συμβουλές του και την υπομονετική καθοδήγησή του καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστίες οφείλονται και στον κ. Δαμίγο Δημήτριο, Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π., για την σημαντική βοήθειά του στην κατανόηση διάφορων σημαντικών εννοιών.

Ζαβερδινός Μιχαήλ

Αθήνα, Ιανουάριος 2011

Περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματεύεται το σχεδιασμό δύο πιθανών επεκτάσεων αποθήκευσης τοξικών αποβλήτων στον ήδη υφιστάμενο υπόγειο αποθηκευτικό χώρο στην περιοχή του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου (Τ.Π.Π.Λ.). Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας είναι η εκπόνηση μιας προκαταρκτικής οικονομοτεχνικής μελέτης, η οποία εξετάζει τόσο τις τεχνικές δυνατότητες επέκτασης του έργου όσο και την εκτίμηση του κόστους κατασκευής.

Το υφιστάμενο υπόγειο αποθηκευτικό κέντρο βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του Πάρκου, εντός της λοφώδους δομής που αναπτύσσεται εκεί με μέγιστο υψόμετρο (εντός των ορίων του Τ.Π.Π.Λ.) που φτάνει τα 54 m. Σκοπός του ήταν η αποθήκευση επικίνδυνων αποβλήτων που αποτελούνται από μολυσμένα υλικά που περιέχουν τοξικές ουσίες όπως αρσενικό. Τα συγκεκριμένα υλικά βρίσκονται προς το παρόν στο κτίριο «Κονοφάγος» μέσα στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου. Σκοπός της πραγματοποίησης των επεκτάσεων είναι η αύξηση της χωρητικότητας του υφιστάμενου υπόγειου έργου, με αποτέλεσμα την αποθήκευση περισσότερων τοξικών αποβλήτων, τα οποία σήμερα βρίσκονται εντός του χώρου του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου.

Με βάση τα γεωλογικά και γεωτεχνικά δεδομένα από τις μελέτες καθώς και την κατασκευή του έργου έγινε ο σχεδιασμός των δύο προτεινόμενων επεκτάσεων. Πιο συγκεκριμένα, η συνολική έκταση της εκάστοτε επέκτασης προτείνεται να είναι 611m^2 με ωφέλιμο χώρο 464m^2 για την αποθήκευση των τοξικών αποβλήτων. Για την κατασκευή των προτεινόμενων επεκτάσεων αποθήκευσης τοξικών αποβλήτων θα εφαρμοσθεί η μέθοδος των «θαλάμων και στύλων». Η κάθε επέκταση αποτελείται από 7 θαλάμους (τέσσερις οριζόντιους και τρεις κάθετους) και 3 στύλους. Η εκτίμηση του κόστους κατασκευής της γίνεται με τον αναλυτικό υπολογισμό των πόρων που απαιτούνται, τις απαιτήσεις του χρονοδιαγράμματος κατασκευής καθώς και την τελική χρέωση τους.

Abstract

The present diploma thesis deals with the design of two possible extensions of the current underground repository to store toxic waste, which is located in the premises of the existing basement storage space in the Lavrion Technological and Cultural Park (LTCP). Its main aim is to present a preliminary feasibility study, which examines both the technical feasibility of the proposed extensions as well as their respective construction costs.

The existing underground hazardous waste repository is located in the northwestern part of the Park, under a small hill. Its purpose is to provide the infrastructure for the storage of the hazardous waste, consisting mainly of toxic materials such as arsenic. These materials are currently in the building "Konofagos" in the Lavrion Technological and Cultural Park. The development of additional underground space will finally increase the capacity of the underground repository.

The design of the two proposed extensions takes place based on the geological and geotechnical data from the initial studies and the construction project. The total area of each proposed extension is about 611m^2 with 464m^2 of available space for the storage of the hazardous waste. The construction method uses the mining method of “room and pillar” resulting to the development of 7 rooms (four horizontal and three vertical) and 3 pillars. The cost estimation is finally made based on the analytical planning of the required resources for the underground construction, the requirements of the construction schedule and the cost rating allocated to each utilized resource.

Περιεχόμενα

Λίστα Εικόνων

Λίστα Πινάκων

Λίστα Σχημάτων και Σχεδίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ

1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, ο τομέας των υπόγειων έργων γνωρίζει μεγάλη άνθιση εξαιτίας της έλλειψης ελεύθερου επιφανειακού χώρου αλλά και τη συνεχή υποβάθμισης της ποιότητας της ζωής. Η υπόγεια ανάπτυξη συμβάλλει στην δημιουργία λύσεων που μπορούν να μεταφέρουν δραστηριότητες εντός του υπεδάφους, εξασφαλίζοντας χώρο στην επιφάνεια για ζωτικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Τα τελευταία χρόνια, πέρα από τα υπόγεια έργα συγκοινωνιακού χαρακτήρα, έχουν αναπτυχθεί έργα με σκοπό την αποθήκευση τοξικών, ραδιενεργών και πυρηνικών αποβλήτων στο υπέδαφος εξασφαλίζοντας την απομόνωσή τους από τη βιόσφαιρα.

Επίσης, εξαιτίας της δημιουργίας ενός κλίματος δυσπιστίας και επιφυλακτικότητας έναντι της «πανάκειας» των παραδοσιακών έργων υποδομής από τον συνδυασμό της επιστημονικής γνώσης και της ευαισθητοποίησης του κοινού σε θέματα περιβάλλοντος, έγινε στροφή προς την ανάπτυξη της τρίτης διάστασης, μιας και οι υπόγειοι χώροι είναι σε θέση να καλύψουν ανάγκες και λειτουργίες οι οποίες δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους (Sterling, 1997).

Τέλος, σημαντικό παράγοντα για την στροφή προς τα υπόγεια έργα αποτελεί και η προστασία του περιβάλλοντος μιας και οι υπόγειες κατασκευές βοηθούν στην ουσία στην διατήρηση της χλωρίδας και της πανίδας.

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Ως υπόγεια έργα μπορούν να οριστούν όλες οι τεχνικές κατασκευές που πραγματοποιούνται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (Καλιαμπάκος, 2003).

Από την Αρχαία Ελλάδα παρατηρούνται αρκετά παραδείγματα υπόγειων έργων όπως:

- Ευπαλίνειο όρυγμα (Ξυδούς, 2000) το 520 π.Χ.
- Αδριάνειο υδραγωγείο , Αθήνα $2^{ος}$ αιώνας μΧ.
- δύο υδαταγωγής σήραγγες , Ορεινή Κορινθία $2^{ος}$ αιώνας μ.Χ.

Βέβαια, και στον υπόλοιπο τότε γνωστό κόσμο υπάρχει αναφορά σε πολλά υπόγεια έργα, όπως:

- Εξόρυξη διακοσμητικού αιματίτη (Sandstrom,1963), Bomvu Ridge (Swaziland) 40000 π.Χ. (Sandstrom 1963)
- Υπόγειοι διάδρομοι, Μάλτα 5000 π. Χ.
- Υπόγεια σήραγγα μήκους 1 χλμ, αρχαία Βαβυλώνα 2180 π. Χ.
- Υπόγεια σήραγγα, Pausilippo κατά τους Ρωμαϊκούς χρόνους (36 π. Χ.)

Με την είσοδο στον 20^{ο} αιώνα, εξαιτίας της εξέλιξης της τεχνολογίας, τα υπόγεια έργα γίνονται όλο και περισσότερο γνώριμα και φιλικά στον κατασκευαστικό κόσμο.

Τα τελευταία χρόνια εξάλλου έχουν κατασκευαστεί πολλά υπόγεια έργα στον κόσμο όπως:

- Η υποθαλάσσια σήραγγα της Μάγχης (Wikipedia, 1994)
- Έργο ένωσης Σουηδίας-Δανίας (συνδυασμός σήραγγας μήκους 5km –γέφυρας, Wikipedia, 2000)
- Μετρό Λονδίνου (Wikipedia, 1863)
- Yucca Mountain, Νεβάδα Η.Π.Α (OCRWM, 2003, αποθήκευση πυρηνικών αποβλήτων)
- Herfa Neurode, Γερμανία(αποθήκευση αποβλήτων, 1972),
- Υπόγειο συγκρότημα Sub Tropolis (Hunt Midwest, 2000, Εικόνα 1.1),καθώς και πολλά άλλα

Εικόνα 1.1 Θάλαμοι και Στύλοι Υπόγειου Συγκροτήματος Sub Tropolis

Και στην Ελλάδα όμως τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μεγάλη πρόοδος στον συγκεκριμένο τομέα με την δημιουργία μεγάλων έργων όπως:

- Μετρό Αθήνας (Εικόνα 1.2, υπό κατασκευή)
- Σήραγγες στην περιοχή της Κακιάς Σκάλας – (Εθνική οδός Αθηνών-Κορίνθου, κατασκευάστηκαν από το 1999-2006)
- Υποθαλάσσια σήραγγα στην περιοχή του Ακτίου (Εικόνα 1.3, Βικιπαιδεία, 2002)
- Μετρό Θεσσαλονίκης (Υπό κατασκευή)
- Σήραγγες στην ορεινή Ήπειρο (Πίνδος) - (Εγνατία, υπό κατασκευή)
- Σήραγγες στην Αιτωλοακαρνανία – (Ιονία Οδός, υπό κατασκευή)
- Υπόγειος αποθηκευτικός χώρος τοξικών αποβλήτων στο Τεχνολογικό Πάρκο Λαυρίου (2010)

Εικόνα 1.2 Μετρό Αθήνας

1.3 Τύποι Υπόγειων κατασκευών

Τα Υπόγεια Έργα διακρίνονται με βάση την μορφή και το σχήμα τους ως εξής:

- Σήραγγες (Tunnels) χαρακτηρίζονται οι επιμήκης οριζόντιες δίοδοι με άνοιγμα διατομής 1- 15 m.
- Θάλαμοι (Caverns) χαρακτηρίζονται τα μεγάλων διαστάσεων ανοίγματα με πλάτος μέχρι 35 m και μήκος 200-250 m.
- Φρέατα (Shafts) χαρακτηρίζονται τα επιμήκη, κατακόρυφα ανοίγματα με πλάτος διατομής 3-8 m και με βάθος έως και τα 500 m.

Εικόνα 1.3 Υποθαλάσσια Σήραγγα Ακτίου

Γενικότερα, η χρήση των υπογείων έργων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.1, Καλιαμπάκος, 2003)

Πίνακας 1.1. Τύποι υπόγειων Χρήσεων (Καλιαμπάκος, 2003)

Χρήση	Σήραγγες	Φρέατα	Θάλαμοι
Συγκοινωνιακή υποδομή	• Διαβάσεις πεζών • Οδικές • Σιδηροδρομικές • Μετρό	• Μεταφορά ανθρώπων • Υλικού φορτίου • Εξοπλισμού	• Σταθμοί(π.χ. Μετρό) • Χώροι στάθμευσης
Αποθήκευση	• Διαφόρων υγρών • Καυσίμων • Αποβλήτων	• Διαφόρων Υγρών • Καυσίμων	• Διαφόρων υγρών • Καυσίμων • Αποβλήτων • Τροφίμων • Κατάψυξη προϊόντων
Άμυνα	• Καταφύγια • Στρατιωτικές εγκαταστάσεις	• Στρατιωτικές εγκαταστάσεις	• Καταφύγια • Στρατιωτικές εγκαταστάσεις • Αποθήκευση στρατιωτικού • υλικού
Εκμετάλλευση κοιτασμάτων	• Αερισμός • Προσπέλαση • Μεταφορά • Εξόρυξη	• Αερισμός • Προσπέλαση • Μεταφορά	• Εξόρυξη
Εκμετάλλευση υπόγειων νερών και αποστράγγιση	• Υδρομάστευση • Αποστράγγιση	• Υδρομάστευση • Αποστράγγιση	
Μεταφορά και απαγωγή	• Ύδρευση/άρδευση • Αποχέτευση • Αντιπλημμυρικά έργα	• Ύδρευση/άρδευση • Αποχέτευση • Αντιπλημμυρικά έργα	
1)Υπηρεσίες κοινής ωφέλειας/ 2)Αναψυχή	Δίκτυα-Γραμμές • Τηλεφώνου • Ηλεκτρικού • Ειδικές καλωδιώσεις(όχι περίπτωση της αναψυχής)	Πρόσβαση (δεν χρησιμοποιούνται για την περίπτωση της αναψυχής)	1)Διάφοροι κόμβοι 2)Πισίνες, αθλητικές εγκαταστάσεις, υπόγεια θέατρα

1.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Υπόγειων έργων

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία μείωση της επέκτασης των επιφανειακών έργων εξαιτίας της μεγάλης αστικοποίησης, του μεγάλου κόστους καθώς και της έλλειψης ελεύθερων εκτάσεων στην επιφάνεια. Ως αποτέλεσμα όλων αυτών, τα υπόγεια έργα κερδίζουν έδαφος. Τα συγκεκριμένα έργα όμως επιβάλλεται να παρέχουν καλύτερες συνθήκες ζωής καθώς και να είναι σύμφωνα με τους νόμους υπέρ της προστασίας του περιβάλλοντος.

1.4.1 Πλεονεκτήματα

- Δημιουργία μεγάλων έργων υπογείως σε αντίθεση με την επιφάνεια λόγω της έλλειψης επιφανειακού χώρου
- Απομόνωση-απόκρυψη υλικών με αποτέλεσμα μεγαλύτερη προστασία (ραδιενεργά – τοξικά – πυρηνικά)
- Καλύτερη προστασία του περιβάλλοντος
- Μειωμένη επίδραση σε αυτά των γεωλογικών φαινομένων (σεισμοί, διάβρωση – αποσάθρωση – απόθεση)

1.4.2 Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος αρχικής επένδυσης, καθώς υπάρχει πιθανότητα αύξησης του κόστους κατά την πορεία των εργασιών
- Ανθρώπινη ψυχολογία (κλειστοφοβία)

1.5 Παραδείγματα Υπόγειων χώρων

Οι υπόγειες κατασκευές παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα χρήσεων σε διάφορους τομείς όπως:

- Υπόγειοι χώροι στάθμευσης
- Υπόγειοι ενεργειακοί σταθμοί
- Υπόγειοι χώροι στρατιωτικών εφαρμογών
- Υπόγειοι χώροι κοινής ωφέλειας
- Υπόγειοι χώροι αποθήκευσης καυσίμων, τοξικών, πυρηνικών και ραδιενεργών αποβλήτων, φυσικού αερίου καθώς και τροφίμων

Όλα τα παραπάνω φαίνονται πιο αναλυτικά στον προηγούμενο πίνακα (Πίνακας 1.1). Τέλος, στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται αναλυτικότερα παραδείγματα σχετικά με τους υπόγειους χώρους αποθήκευσης επικίνδυνων υλικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΧΩΡΩΝ ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

2.1 Εισαγωγή

Οι υπόγειες κατασκευές παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα χρήσεων σε διάφορους τομείς της καθημερινής μας ζωής. Συγκεκριμένα όμως, οι υπόγειοι χώροι αποθήκευσης επικίνδυνων αποβλήτων αποτελούν έργα καινοτόμα για τον ελλαδικό χώρο, τα οποία όμως έχουν αποδείξει την βιωσιμότητά τους στο εξωτερικό εδώ και πολλά χρόνια.

Με τον όρο «υπόγεια αποθήκευση» γίνεται λόγος για την κατασκευή χώρου αποθήκευσης αποβλήτων σε κατάλληλα διαμορφωμένες κοιλότητες του υπεδάφους. Πρόκειται για έργα μεγάλων διαστάσεων, των οποίων η λειτουργία τους υπογείως βοηθούν στην μη αλληλεπίδραση των επικίνδυνων αποβλήτων με το περιβάλλον καθώς και στην καλύτερη προστασία του. Η απομόνωση λόγω του γεωλογικού φραγμού είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα όσον αφορά στην προστασία τόσο των κατασκευών από τα όσα διαδραματίζονται στην επιφάνεια και τα καιρικά φαινόμενα, όσο και του περιβάλλοντος από όσα λαμβάνουν χώρα εντός του υπόγειου έργου.

Συνήθως επιλέγονται περιοχές που δομούνται με αργιλικούς σχηματισμούς και ορυκτό άλας. Σαν χώροι αποθήκευσης αποβλήτων επιλέγονται πρώην μεταλλεία, καθώς και χώροι πρώην υπόγειας εκμετάλλευσης αδρανών υλικών. Η αποθήκευση των αποβλήτων γίνεται, αφού πρώτα έχουν τοποθετηθεί σε ειδικά μεταλλικά δοχεία , μέθοδος που βοηθάει στην μεταφορά τους. Τα δοχεία αυτά αποτελούν τον πρώτο τεχνητό φραγμό που αποτρέπει την διάχυση των αποβλήτων. Στην συνέχεια, τοποθετούνται στους ειδικούς θαλάμους και εφόσον απαιτείται η κατασκευή επιπρόσθετων φραγμών όπως η κάλυψή τους με αργιλικά υλικά ή η πλήρης στεγανοποίηση του χώρου για μεγαλύτερη ασφάλεια. Τα φράγματα αυτά έχουν σαν σκοπό την παρεμπόδιση των διαρροών προς το περιβάλλον και τον υδροφόρο ορίζοντα μέσω του οποίου μπορούν να μεταφερθούν και να εισέλθουν στην βιομάζα.

Η λειτουργία υπόγειων χώρων αποθήκευσης αποβλήτων είναι μία πρακτική η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος και υπάρχουν ήδη πολλές εγκαταστάσεις οι οποίες λειτουργούν εδώ και πολλά χρόνια. Πολλά τέτοια παραδείγματα υπάρχουν τόσο στις Η.Π.Α. όσο και στην Ευρώπη καθώς και στον υπόλοιπο κόσμο (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1 Παραδείγματα χώρων διάθεσης αποβλήτων

ΧΩΡΑ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΟΛΗ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΒΑΘΟΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
Ελλάδα	Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου	Τοξικά	Ασβεστόλιθος Ανώτερου Μαρμάρου	30 m	-
Γερμανία	Zielitz	Τοξικά	Ορυκτό Άλας	Γερμανία	Σε λειτουργία από το 1995
Γερμανία	Herfa-Neurode/ Hesse	Τοξικά	Στρώμα άλατος	800 m	-
Ηνωμένο Βασίλειο	Minosus	Τοξικά	Ορυκτό Άλας	170 m	Σε λειτουργία από το 2005
Γερμανία	Morsleben/ Saxony-Anhalt	Ραδιενεργά	Στρώμα άλατος	320 - 630 m	Έκλεισε το 1998
Γερμανία	Gorleben/ Lower Saxony	Ραδιενεργά	Στρώμα άλατος	800 – 950 m	Σε αναμονή
Γερμανία	Konrad	Ραδιενεργά	Σίδηρος	-	-
Γερμανία	Heilbronn	Τοξικά	Ανυδρίτης	150 – 230 m	-
Ιαπωνία	Rokkasho	Ραδιενεργά	Στρώμα μπεντονίτη	-	Σε λειτουργία από το 2001
Σουηδία	Oskarshamn	Πυρηνικά	Γρανίτης	450 m	Σε λειτουργία από το 1985
Η.Π.Α	WIPP/ New Mexico	Ραδιενεργά	Στρώμα άλατος	655 m	Σε λειτουργία από το 1999
Η.Π.Α	Yucca Mountain/ Nevada	Ραδιενεργά	σχηματισμό ηφαιστειακών τόφων	-	Σε αναμονή

2.2 Τύποι υπόγειων έργων – παραδείγματα

Ο υπόγειος χώρος μπορεί να κατασκευαστεί με δύο τρόπους, είτε με την μέθοδο των θαλάμων και στύλων, είτε με μεγάλους θαλάμους (caverns).

Ωστόσο, η τοποθεσία αποθήκευσης των αποβλήτων ποικίλει από ήπειρο σε ήπειρο. Στην Αμερική τα απόβλητα αποθηκεύονται μέσα σε τεράστιες μάζες υλικών (όπως το άλας, ηφαιστειακή στάχτη και ανθρακικό κάλιο) σε μεγάλους θαλάμους. Αντίθετα στη Ευρώπη, κατασκευάζονται στην θέση παλαιών αλατωρυχείων με την μέθοδο των θαλάμων και στύλων.

Τέλος, οι υπόγειοι χώροι διάθεσης αποβλήτων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτούς εντός των οποίων αποθηκεύονται τοξικά απόβλητα και σε αυτούς όπου αποθηκεύονται ραδιενεργά και πυρηνικά απόβλητα.

Το πλαίσιο λειτουργίας τους, βασίζεται στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 2033/33, βάση της οποίας ορίζεται η λειτουργία των υπόγειων χώρων αποθήκευσης αποβλήτων.

2.2.1 Υπόγειοι χώροι διάθεσης τοξικών αποβλήτων

2.2.1.1 Herfa Neurode, Hesse, Γερμανία

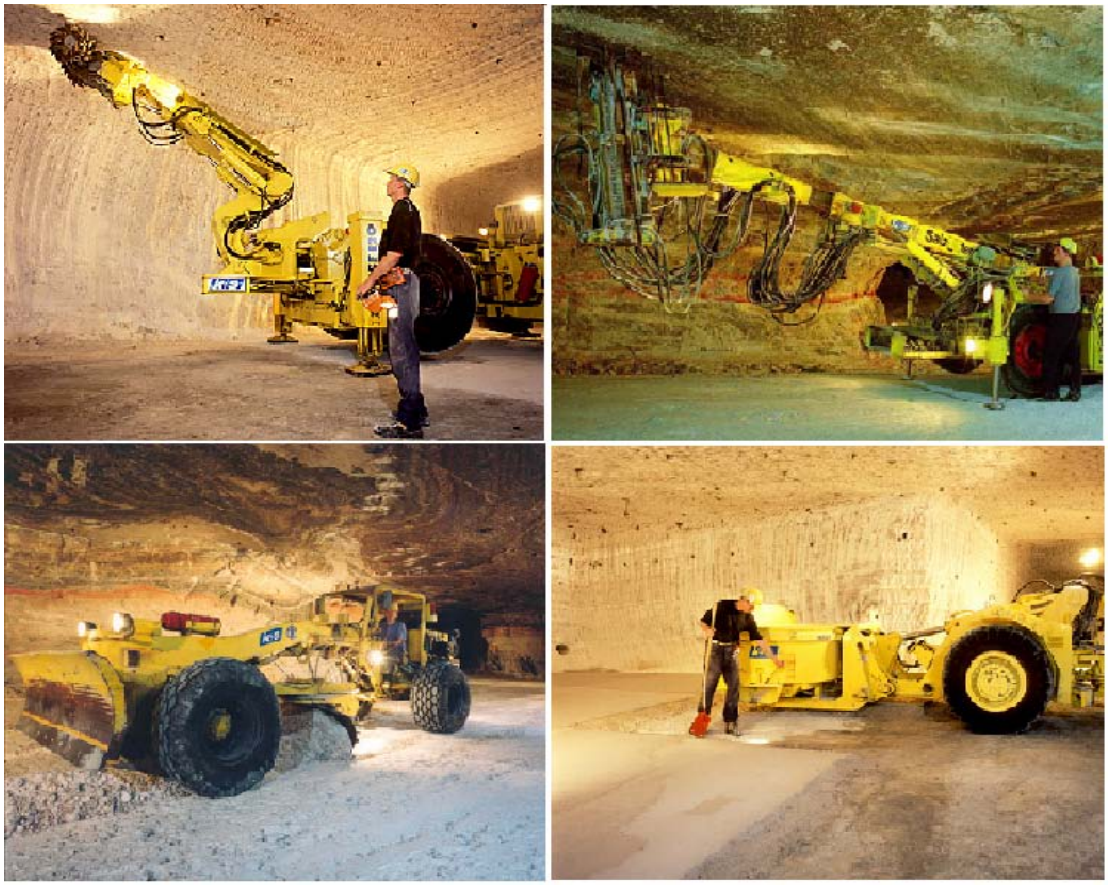
Στην πολιτεία Hesse της Γερμανίας σε εγκαταλειμμένο ορυχείο ορυκτού άλατος δημιουργήθηκε το 1972, υπόγειος χώρος αποθήκευσης τοξικών αποβλήτων (Εικόνα 2.1) σε βάθος 800m από την επιφάνεια του εδάφους (K+S Entsorgung Gmb,2009).

Εικόνα 2.1 Εγκαταστάσεις της Herfa Neurode

Η μέθοδος που χρησιμοποιούνταν είναι η μέθοδος θαλάμων και στύλων (rooms and pillars). Στον συγκεκριμένο χώρο μπορούν να αποθηκευτούν 200000 tn το χρόνο (Εικόνα 2.2).

Εικόνα 2.2 Αποθήκευση αποβλήτων στο Herfa Neurode

Οι ήδη υπάρχοντες χώροι που προορίζονται για την αποθήκευση των αποβλήτων ανακατασκευάσθηκαν σύμφωνα με τους κανόνες ασφαλείας. Απομακρύνθηκαν οποιοιδήποτε μη ασφαλή όγκοι πετρωμάτων και τοποθετήθηκαν αγκύρια στην οροφή (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 Ανακατασκευή του χώρου, απομάκρυνση επικίνδυνων βράχων και τοποθέτηση αγκυρίων στους θαλάμους

Για την καλύτερη απομόνωση των αποβλήτων από την βιόσφαιρα έχουν ληφθεί ορισμένα μέτρα προστασίας, άλλα με φυσικό τρόπο και άλλα με τεχνικό. Όπως

Φυσικός τρόπος

- Σχηματισμός ορυκτού άλατος με πάχος 300 μέτρα
- Στρώματα αργίλου με πάχος 100 μέτρα
- Ψαμμίτης Bunter με πάχος 500 μέτρα

Τεχνικός τρόπος

- Για την τοποθέτηση των αποβλήτων και την αποθήκευσή τους μέσα στους θαλάμους χρησιμοποιούνται μεγάλα μεταλλικά βαρέλια
- Οι θάλαμοι διαχωρίζονται μεταξύ τους με τους στύλους αλλά και με ενδιάμεσο τοίχο αποτελούμενο από τούβλα και τσιμέντο.

- Με την ολοκλήρωση της εκμετάλλευσης του ορυκτού άλατος τα φρεάτια καλύπτονται με υδατοστεγή υλικά ώστε να μην αλληλεπιδρούν με την βιόσφαιρα.

2.2.1.2 Zielitz, Γερμανία

Οι συγκεκριμένοι χώροι έχουν εγκατασταθεί εντός ενός ανενεργού ορυχείου ποτάσας, η εξόρυξη του οποίου πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο θαλάμων και στύλων. Το πάχος του ορυκτού άλατος είναι περίπου 500 μέτρα (K+S Entsorgung Gmb, 2009). Και αυτός ο υπόγειος χώρος διάθεσης πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο των θαλάμων και στύλων. Οι θάλαμοι έχουν ύψος 16 μέτρα περίπου.

Ο υπόγειος χώρος αποθήκευσης τοξικών αποβλήτων ανήκει στην εταιρία K+S Entsorgung Gmbh και λειτουργεί από το 1995. Και αυτός ο υπόγειος χώρος όπως και ο υπόγειος χώρος της Herfa – Neurode, λειτουργεί σύμφωνα με το DIN EN ISO 9001:2000.

Στον υπόγειο χώρο του Zielitz μπορούν να αποθηκευτούν ετησίως μέχρι 70000 tn τοξικά απόβλητα. Αν και μικρότερος υπόγειος χώρος από αυτόν της Herfa – Neurode, μπορούν να αποθηκευτούν ακόμα 2000000 tn τοξικά απόβλητα.

Το σύστημα μεταφοράς στο Zielitz είναι παρόμοιο με το σύστημα στη Herfa-Neurode, λόγω όμως της κλίσης του εδάφους τα απόβλητα μεταφέρονται μέσα σε κλειστά τροχοφόρα βαγόνια στην επιφάνεια. Στην συνέχεια κατεβαίνουν μέσω του φρέατος και ρυμουλκούνται μέχρι το σημείο απόθεσής τους. Τέλος, με την βοήθεια ανυψωτήρων τοποθετούνται σε στοίβες προς αποθήκευση (Εικόνα 2.4).

Εικόνα 2.4 Αποθήκευση αποβλήτων στο Zielitz

2.2.1.3 Minosus, Ηνωμένο Βασίλειο

Το 1997 δημιουργήθηκε στην Αγγλία στις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης ορυκτού άλατος ένας υπόγειος χώρος για την αποθήκευση τοξικών αποβλήτων. Ο συγκεκριμένος χώρος είναι σε λειτουργία από το 2005 και έκτοτε μπορούν να αποθηκευτούν μέχρι και 42 διαφορετικά ήδη αποβλήτων (Veolia Environmental Services).

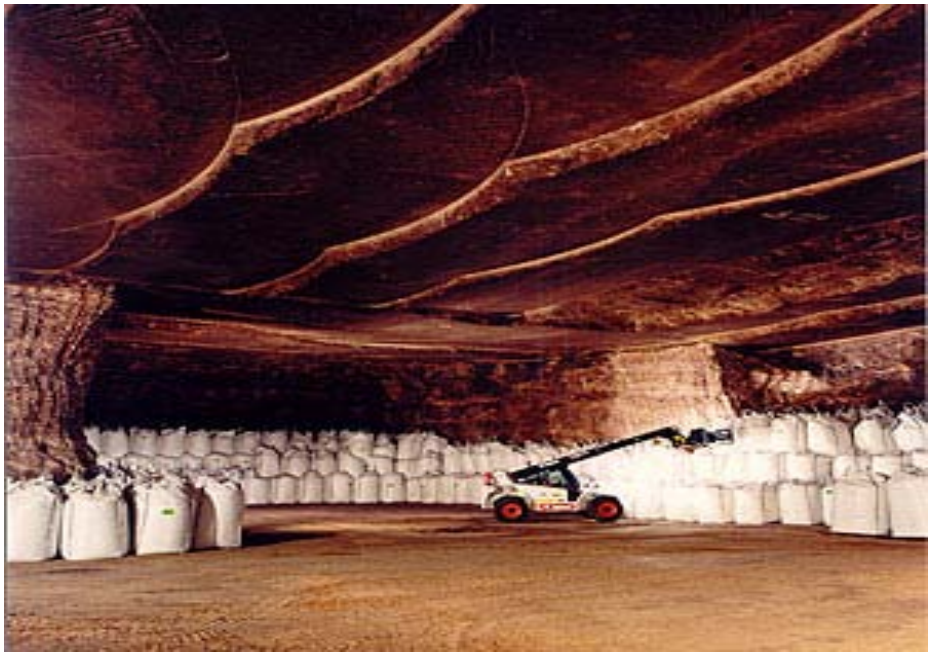
Ο χώρος είναι κατασκευασμένος εντός ενός ανενεργού αλατωρυχείου. Η εξόρυξη στο αλατωρυχείο συνεχίζεται ακόμη και σήμερα στην βόρεια περιοχή του υπόγειου χώρου διάθεσης τοξικών αποβλήτων. Η γεωλογία της περιοχής αποτελείται από στρώματα ορυκτού άλατος και ακολουθία ιζηματογενών πετρωμάτων που αποτέθηκαν κατά την Τριαδική περίοδο, περίπου 200 εκατομμύρια χρόνια πριν, παράγοντες που βοηθούν στην καλύτερη απομόνωση των αποβλήτων από τις διάφορες αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον.

Το αλατωρυχείο δημιουργήθηκε με τη μέθοδο θαλάμων και στύλων, σε βάθος περίπου 170 m από την επιφάνεια του εδάφους, με θαλάμους περίπου 20 m πλάτος και 7,5 m ύψος, που διαχωρίζονται από τετραγωνικούς στύλους ορυκτού άλατος με πλάτος μέχρι και 24 m. Ο υπόγειος χώρος παρουσιάζει το πλεονέκτημα της φυσικής απομόνωσης μεταξύ των διαφορετικών ειδών αποβλήτων που αποθηκεύονται, εξαιτίας του εκτεταμένου δικτύου των θαλάμων σε συνδυασμό με τους στύλους. Η συνολική επιφάνεια της εγκατάστασης ανέρχεται σε 498.100 m^2 και οι χώροι που καταλαμβάνει είναι περίπου 2.000.000 m^2. Στις εγκαταστάσεις της Minosus μπορούν να αποθηκεύονται 70.000 tn τοξικά απόβλητα τον χρόνο για ακόμα 15 χρόνια. Όταν ολοκληρωθεί η αποθήκευσή τους θα παρθούν και τα κατάλληλα μέτρα απομόνωσής τους όπως η δημιουργία ενδιάμεσου τοιχώματος μεταξύ των θαλάμων.

Όπως και στα περισσότερα υπόγεια αποθηκευτικά κέντρα που διανοίχτηκαν με την μέθοδο των θαλάμων και στύλων, έτσι και σε αυτό δεν μπορούν να αποθηκευτούν απόβλητα τα οποία είναι:

- Εύφλεκτα
- Βιοαποικοδομίσιμα
- Ραδιενεργά

Τα απόβλητα μεταφέρονται μέσω του φρέατος μέσα σε μεταλλικά βαρέλια από το εργοστάσιο επεξεργασίας προς την περιοχή αποθήκευσής τους μέσα στους θαλάμους (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5 Αποθήκευση αποβλήτων στους θαλάμους στις εγκαταστάσεις Minosus

2.2.1.4 Heilbronn, Γερμανία

Η απόθεση του ορυκτού άλατος που βρίσκεται στο Heilbronn όπου υπάρχει ο υπόγειος χώρος αποθήκευσης επικίνδυνων αποβλήτων πραγματοποιήθηκε κατά την Τριαδική περίοδο και βρίσκεται σε βάθος 150-230 μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Η απόθεση προστατεύεται από ένα αδιαπέραστο στρώμα ανυδρίτη το οποίο έχει περισσότερο από 50 m πάχος. Το στρώμα του άλατος έχει πάχος περισσότερο από 40 m αλλά μόνο τα 10-20 m έχουν εξορυχτεί εξαιτίας της καλής ποιότητας του συγκεκριμένου στρώματος (Wikipedia).

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπόγειο χώρο είναι η μέθοδος των θαλάμων και στύλων. Οι θάλαμοι έχουν πλάτος 15 m, ύψος 10-20 m και μήκος 200 m. Είναι παράλληλοι και διαχωρίζονται από στύλους πλάτους 15-18 μέτρα.

Η μεταφορά των αποβλήτων γίνεται με φορτηγά ή με τραίνα μέσα σε τσάντες και μεταλλικά βαρέλια (Εικόνα 2.6). Η μεταφορά τους από την επιφάνεια στους θαλάμους γίνεται μέσω του φρέατος. Μέσα στους θαλάμους η στοίβαξη και η αποθήκευσή τους γίνεται με την βοήθεια ανυψωτών.

Εικόνα 2.6 Αποθήκευση αποβλήτων στις εγκαταστάσεις της Heilbronn

2.2.1.5 Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου, Λάυριο

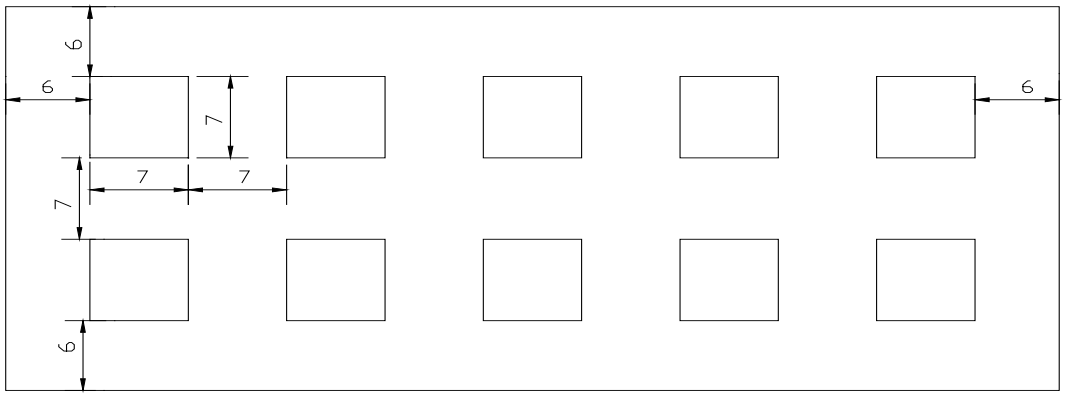
Στην Ελλάδα, τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει άλματα στον τομέα των κατασκευών στα υπόγεια έργα. Στην περιοχή του Λαυρίου και συγκεκριμένα στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο (Εικόνα 2.7) πραγματοποιήθηκε πρόσφατα ένα καινοτόμο υπόγειο έργο για την Ελλάδα: ο πρώτος υπόγειος αποθηκευτικός χώρος διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων. Σε αντίθεση με ορισμένα υπόγεια έργα στον υπόλοιπο κόσμο, το συγκεκριμένο έργο ανοίχτηκε από την αρχή σε ειδική τοποθεσία και όχι σε ήδη υπάρχον μεταλλείο.

Εικόνα 2.7 Τεχνολογικό Πάρκο Λαυρίου

Στην επιφάνεια του εδάφους και με πάχος περίπου 30 μέτρα παρατηρούνται άργιλος με χάλικες ή/και σχιστολιθικά ή ασβεστολιθικά τεμάχη, πρασινοσχιστόλιθος ή φυλλίτης, γραφιτικός σχιστόλιθος με χαλαζία .

Στην συνέχεια, με πάχος περίπου 18 μέτρα υπάρχει ασβεστόλιθος ανώτερου μαρμάρου. Στο συγκεκριμένο στρώμα διανοίχθηκε και ο υπόγειος χώρος αποθήκευσης. Κάτω από αυτόν υπάρχει ανώτερο μάρμαρο.

Ο συγκεκριμένος χώρος κατασκευάστηκε σύμφωνα με την μέθοδο των θαλάμων και στύλων. Η συνολική έκταση του έργου είναι 2475m^2. Οι στύλοι είναι τετραγωνικής διατομής με πλάτος 7 m και ύψος 5,5 m ενώ η απόστασή τους από τις παρειές είναι 6 m. Το πλάτος των θαλάμων είναι και αυτό 7 m. Το σκαρίφημα του χώρου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8 Κάτοψη διάταξης υπόγειου χώρου με θαλάμους και στύλους

Για την είσοδο στον υπόγειο χώρο έχει κατασκευασθεί προσπελαστική σήραγγα μήκους 174,72 μέτρα με πεταλοειδή διατομή ύψους 5,5 μέτρα καθώς και ένα φρέαρ ύψους 24,5 μέτρων με ορθογωνική διατομή 4,40x5 μέτρα.

Στο συγκεκριμένο έργο πρόκειται να αποθηκευτούν απόβλητα που αποτελούνται από μολυσμένα υλικά που περιέχουν τοξικές ουσίες όπως αρσενικό, κάδμιο, μόλυβδο και ψευδάργυρο. Τα συγκεκριμένα υλικά βρίσκονται στο κτίριο ‘’Κονοφάγου’’ μέσα στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (Εικόνα 2.9).

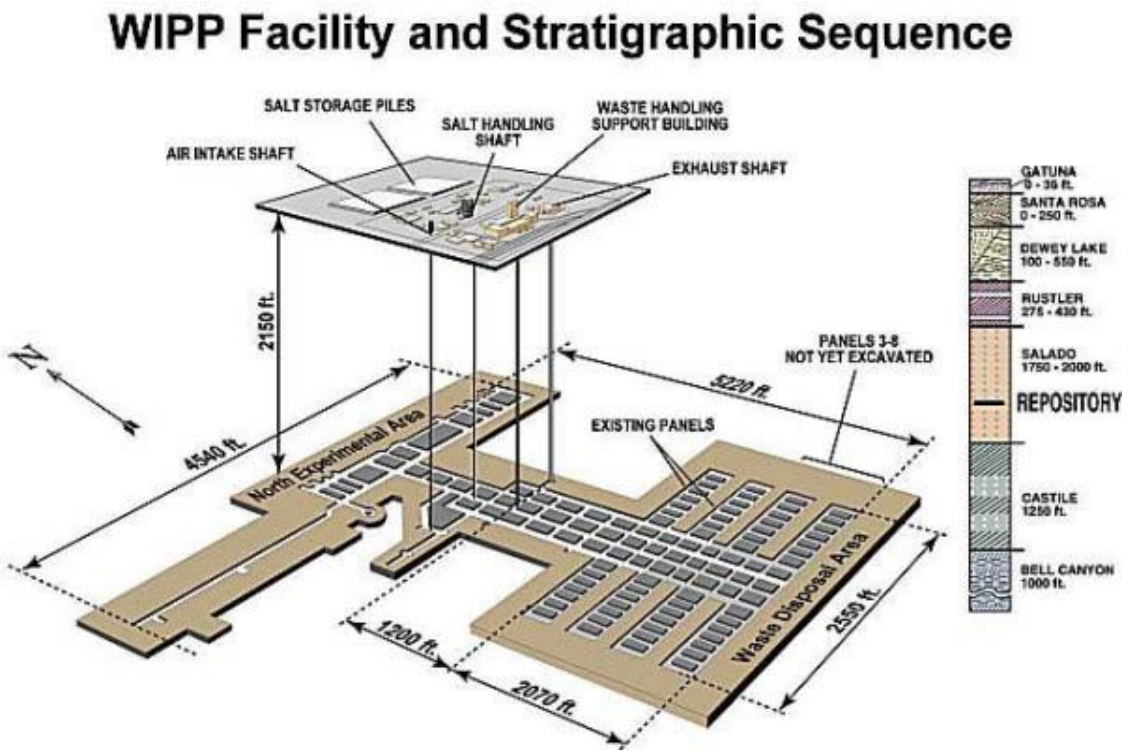
Εικόνα 2.9 Κτίριο Κονοφάγου

2.2.2 Υπόγειοι Χώροι Διάθεσης Ραδιενεργών – Πυρηνικών Αποβλήτων

Ωστόσο, υπάρχουν υπόγειοι χώροι διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων στους οποίους αποθηκεύονται ραδιενεργά ή πυρηνικά απόβλητα. Αυτοί οι υπόγειοι χώροι υπάρχουν τόσο στην Αμερική, όσο στην Ευρώπη και την Ασία.

2.2.2.1 Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) κοντά στο Carlsbad, New Mexico

Το WIPP είναι αυτή την στιγμή το μεγαλύτερο κέντρο απόθεσης αποβλήτων στην Αμερική και το τρίτο μεγαλύτερο στον κόσμο (μετά τον υπόγειο αποθηκευτικό χώρο του Morsleben και το αλατωρυχείο του Schacht Asse II στην Γερμανία). Βρίσκεται κοντά στο Carlsbad του New Mexico. Το WIPP ξεκίνησε την λειτουργία του στις 26 Μαρτίου 1999 (Official Site of WIPP, 2010). Η αποθήκευση των ραδιενεργών αποβλήτων προβλέπεται να συνεχιστεί μέχρι το 2070. Μέχρι το 2010 έχουν αποθηκευτεί ήδη 9000 παρτίδες αποβλήτων (Εικόνα 2.10).



Εικόνα 2.10 Εγκαταστάσεις WIPP

Τα απόβλητα μεταφέρονται από το κέντρο συγκέντρωσής τους στο σημείο διάθεσής τους μέσα σε βαρέλια με ανελκυστήρες. Αποθηκεύονται σε θαλάμους βάθους 655 m από την επιφάνεια του εδάφους, εντός στρώματος άλατος με βάθος 1000 m (Εικόνα 2.11).

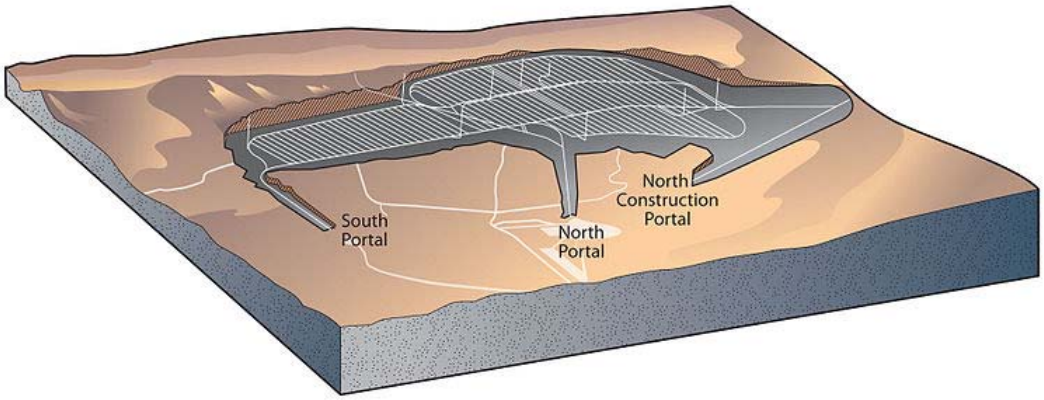
Εικόνα 2.11 Αποθήκευση αποβλήτων στο WIPP

2.2.2.2 Yucca Mountain, Νεβάδα Η.Π.Α

Το υπόγειο κέντρο Yucca Mountain Laboratory (Εικόνα 2.12) αποτελεί σήμερα το πιο μεγάλο κέντρο υπόγειων δοκιμών στον κόσμο. Είναι κατασκευασμένο στην έρημο της Νεβάδα, μέσα σε σχηματισμό ηφαιστειακών τόφων σε βάθος 300m περίπου, ενώ ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται 300m χαμηλότερα (Καλιαμπάκος, 2003, U.S. Department of Energy, 2010). Η γεωλογία της περιοχής είναι μια φυσική ασπίδα για τον άνθρωπο, η οποία τον προστατεύει από την έκθεσή του στην ραδιενέργεια.

Εικόνα 2.12 Yucca Mountain

Στο υπόγειο κέντρο Yucca Mountain Laboratory, επρόκειτο να μεταφερθούν 70.000 tn ραδιενεργά απόβλητα με τραίνο ή ειδικά φορτηγά για μεταφορά ραδιενεργών υλικών. Αποτελείται από ένα τούνελ μήκους 8 km και πλάτους 7,6 m. Το τούνελ της εισόδου στις εγκαταστάσεις διανοίχτηκε με μηχάνημα TBM μήκους 120 m, ενώ οι θάλαμοι αποθήκευσης διανοίχτηκαν με την χρήση εκρηκτικών (Εικόνα 2.13). Η αποθήκευση γίνεται σε μεγάλους θαλάμους με συνολικό μήκος 64 km. Μέχρι τώρα υπολογίζεται ότι έχουν αποθηκευτεί 3 εκατομμύρια τόνοι ραδιενεργών αποβλήτων.



Εικόνα 2.13 Υπόγειες εγκαταστάσεις στο Yucca Mountain

Ωστόσο, η λειτουργία της τοποθεσίας έχει προς το παρόν σταματήσει εξαιτίας της έλλειψης χρηματοδότησης.

2.2.2.3 Morsleben, Γερμανία

Στο Morsleben χτίστηκε υπόγειος χώρος αποθήκευσης ραδιενεργών αποβλήτων στο ήδη υπάρχον αλλά εγκαταλειμμένο υπόγειο ορυχείο ορυκτού άλατος στο Bartensleben (Wikipedia, Εικόνα 2.14) σε βάθος 320 με 630 m υπογείως. Το πρώην αλατωρυχείο ξεκίνησε να λειτουργεί μεταξύ του 1910 και του 1912. Συνδέθηκε με το ήδη υπάρχον αλατωρυχείο από το 1897 με τούνελ σε βάθη 326, 426, 466 και 506 m.

Εικόνα 2.14 Εγκαταστάσεις διάθεσης ραδιενεργών αποβλήτων στο Morsleben

Αποτελείται από τέσσερα κύρια επίπεδα σε βάθος 386 m με 506 m. Οι θάλαμοι έχουν μήκος 100 m και πλάτος 30 m. Το ύψος τους είναι 30 m. Τα απόβλητα έχουν αποθηκευτεί στο τέταρτο επίπεδο σε βάθος 500 m μέσα σε μεταλλικά βαρέλια (Εικόνα

2.15). Κυρίαρχος στόχος των κατασκευαστών του υπόγειου χώρου ήταν η μη έκθεση της ραδιενέργειας στο περιβάλλον. Έτσι, πέρα από τα μεταλλικά βαρέλια χρησιμοποιούσαν και μεθόδους στεγανοποίησης του χώρου. Αυτό επιτυγχάνονταν με το σφράγισμα του κάθε θαλάμου. Σε αυτό φυσικά βοηθούσε και η γεωλογία της περιοχής. Η λειτουργία του υπόγειου χώρου ξεκίνησε το 1978 μέχρι το 1998.Μέχρι το 1998 έχουν αποθηκευτεί στο Morsleben περίπου 36753 κυβικά μέτρα ραδιενεργών αποβλήτων χρονιά την οποία σταμάτησε κ η λειτουργία του.

Εικόνα 2.15 Αποθήκευση ραδιενεργών αποβλήτων μέσα σε μεταλλικά βαρέλια

2.2.2.4 Konrad, Γερμανία

Το Konrad είναι πρώην μεταλλείο σιδήρου και είναι τοποθετημένο κοντά στην πόλη Salzgitter στα νοτιοανατολικά της πολιτείας Niedersachsen (Wikipedia, Εικόνα 2.16). Το μεταλλείο ξεκίνησε να λειτουργεί το 1897 και έχει δύο μέτωπα εξόρυξης σιδήρου. Το Schacht Konrad I έχει βάθος 1232 m και το Schacht Konrad II έχει περίπου 999 m

βάθος Οι μεταλλευτικές δραστηριότητες στο Konrad διήρκησαν από το 1961 έως το 1976. Σε αυτό το διάστημα εξορύχτηκαν συνολικά 6,7 tn από σίδηρο.

Εικόνα 2.16 Εγκαταστάσεις Konrad

Ο χώρος προσφέρεται για την διάθεση ραδιενεργών αποβλήτων χωρίς την απελευθέρωση θερμότητας ή με λίγη απελευθέρωση θερμότητας εξαιτίας του απρόσμενου ξηρού περιβάλλοντος, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περίπου το 95% των ραδιενεργών αποβλήτων που παράγονται στην Γερμανία. Στο υπάρχον μεταλλείο τα ραδιενεργά απόβλητα αποθηκεύονται σε θαλάμους με διαστάσεις 7m πλάτος και 6m ύψος. Σχεδιάζεται να δημιουργηθούν 9 περιοχές αποθήκευσης. Για την τελική αποθήκευση των αποβλήτων χρησιμοποιούνται 3 βασικοί τύποι δοχείων τα οποία πληρούν προδιαγραφές αντίστοιχα με το προς αποθήκευσης υλικό:

- Κυλινδρικά δοχεία από σκυρόδεμα
- Μεγάλα κυλινδρικά δοχεία
- Άλλα δοχεία

2.2.2.5 Gorleben, Γερμανία

Το 1973 η Γερμανική κυβέρνηση αποφάσισε να βρει μία τελική τοποθεσία για την δημιουργία υπόγειου αποθηκευτικού χώρου όλων των ειδών αποβλήτων μέσα σε ορυκτό άλας. Από τις 4 περιοχές: Lichtenhorst, Wahn, Maria Gluck (Höfer) και Gorleben, επιλέχτηκε το Gorleben (Wikipedia, Εικόνα 2.17), εξαιτίας ορισμένων παραγόντων όπως το έδαφος, ο πληθυσμός του και η γεωλογία του υπεδάφους που θα γινόταν η αποθήκευση των αποβλήτων. Κυρίως όμως επιλέχτηκε η συγκεκριμένη τοποθεσία ώστε να επέλθει οικονομική άνοδος στην ευρύτερη περιοχή, καθώς εξαιτίας την επιλογής του δωθήκαν συνολικά σε 20 χρόνια 1,5 δισεκατομμύρια ευρώ στην περιοχή του Gorleben.

Εικόνα 2.17 Εγκαταστάσεις Gorleben

Τον Απρίλιο του 1979 και μέχρι το 1983 ερευνήθηκε εξονυχιστικά η περιοχή του Gorleben προκειμένου να βρεθεί το τελικό βάθος αποθήκευσης των ραδιενεργών αποβλήτων. Το 1986 ξεκίνησαν οι γεωτρήσεις για το πρώτο φρέαρ του υπόγειου χώρου και ολοκληρώθηκαν το 1996 σε βάθος 840 m. ΤΟ δεύτερο φρέαρ είχε βάθος 930 m. Τα δύο φρέαρ συνδέονταν μεταξύ τους στο επίπεδο των 840 m με οριζόντιο

τούνελ. Με την ολοκλήρωση του τούνελ ξεκίνησαν και οι διαδικασίες εξερεύνησης του υπόγειου χώρου του Gorleben. Αν οι διαδικασίες είχαν γίνει σύμφωνα με τον προγραμματισμό, ο υπόγειος χώρος θα λειτουργούσε από το 2005.

Ωστόσο, οι διαδικασίες σταμάτησαν το 2000, εξαιτίας της πιθανής ύπαρξης μολυσμένου νερού . Τα ιζήματα αργίλου σε κεντρικές περιοχές στους θόλους άλατος μπορούν να λειτουργήσουν αρνητικά για την μόλυνση της βιόσφαιρας. Προβλήματα στον συγκεκριμένο χώρο υπάρχουν μέχρι σήμερα καθώς σε διάφορα βάθη υπάρχουν παραμορφωμένα στρώματα άλατος κάτι που κάνει την αποθήκευση των αποβλήτων αδύνατη.

2.2.2.6 Oskarshamn, Σουηδία

Η SKB, η εταιρεία η οποία διαχειρίζεται τα πυρηνικά απόβλητα της Σουηδίας, ανέπτυξε στις πυρηνικές εγκαταστάσεις του Oskarshamn εγκαταστάσεις προσωρινής αποθήκευσης πυρηνικών αποβλήτων, γνωστές ως CLAB. Εκεί αποθηκεύονται όλα τα πυρηνικά απόβλητα από το 1985 (SKB, 2007). Τα υψηλού επιπέδου πυρηνικά απόβλητα από τους αντιδραστήρες της Σουηδίας. Εκεί αποθηκεύονται προσωρινά σε μεγάλους θαλάμους μέσα στον βράχο 30 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, τους οποίους έχουν γεμίσει με νερό. Μετά από 40 – 50 χρόνια παραμονής στους συγκεκριμένους θαλάμους, τα απόβλητα από ολόκληρη τη χώρα μεταφέρονται σε θαλάμους 450 m πιο βαθιά για μόνιμη αποθήκευση μέσα σε στρώμα γρανίτη (Εικόνα 2.18)

Εικόνα 2.18 Θάλαμος στο Oskarshamn

Για να πραγματοποιηθεί αυτό, τα απόβλητα τοποθετούνται και σφραγίζονται μέσα σε κάνιστρα από ανοξείδωτο ατσάλι. Στην συνέχεια, τα κάνιστρα τοποθετούνται σε κυλινδρικές τρύπες μέσα στο στρώμα του γρανίτη και γεμίζονται με πηλό από μπεντονίτη. Τέλος σφραγίζονται από πηλό με αποτέλεσμα να είναι αδιαπέραστες από το νερό. Το Oskarshamn έχει αυτήν την περίοδο 4.993 τόνους των υψηλού επιπέδου εξοφλημένων καυσίμων, αποθηκευμένα σε βάθος 450 m, και μπορούν να αποθηκευτούν μέχρι και 10.000 tn.

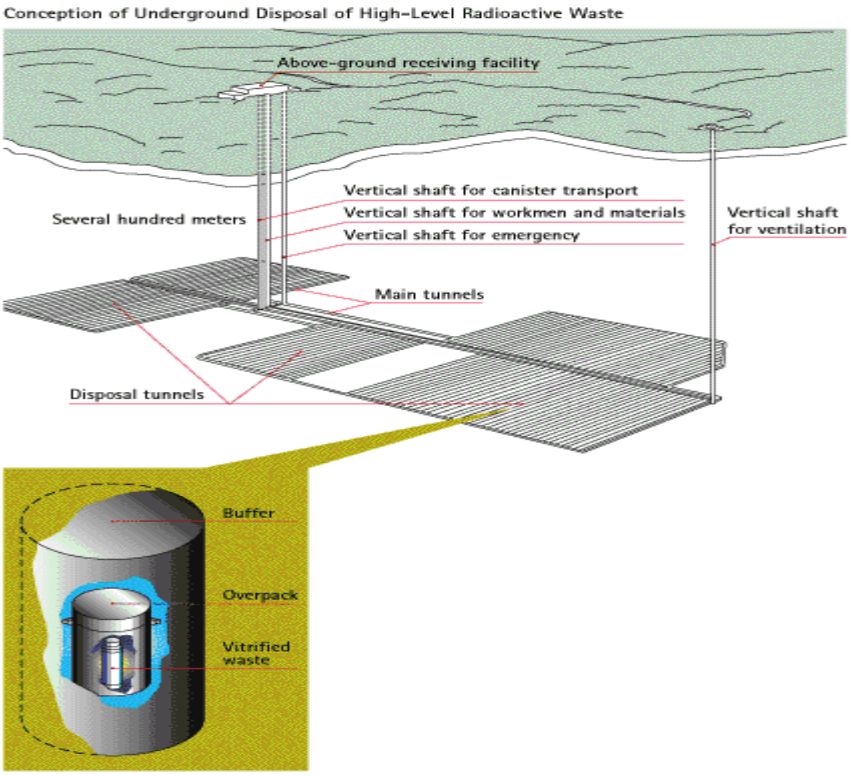
Ωστόσο, τα πυρηνικά απόβλητα πρέπει να μένουν απομονωμένα για πολύ καιρό. Έτσι, χρειάζονται εγκαταστάσεις όπου να είναι ασφαλής η διάθεσή τους και χωρίς καμία εποπτεία. Έτσι, η SKB πρόκειται να μεταφέρει τα απόβλητα στο Osthammar εξαιτίας της καλύτερης γεωλογικής του σύστασης έως ότου μεταφερθούν στις νέες εγκαταστάσεις που κατασκευάζει στο Forsmark, όπου για την μεταφορά τους θα τοποθετηθούν σε χάλκινα κάνιστρα. Η έρευνα που στρέφεται σε μια τελική αποθήκη για εργαστήριο τα ξοφλημένα πυρηνικά απόβλητα διεξάγεται στοÄ spö Hard Rock Laboratory and the Canister Laboratory.

2.2.2.7 Rokkasho Village, Ιαπωνία

Το Vitrified Waste Storage Center είναι μία εγκατάσταση με σκοπό να αποθηκεύσει ακίνδυνα και να διαχειριστεί τις υαλοποιημένες συσκευασίες αποβλήτων που επιστρέφονται από την Ευρώπη για 30 έως 50 έτη έως ότου αποθηκευτούν υπογείως. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι υπέργειες εγκαταστάσεις της εταιρείας (Japan's Nuclear Power Program, 2010, Εικόνα 2.19).

Εικόνα 2.19 Εγκαταστάσεις στο Rokkasho

Οι ραδιενεργές ουσίες στα υγρά απόβλητα που είναι ένα υποπροϊόν της επανεπεξεργασίας καυσίμων, αναμιγνύονται με το λειωμένο γυαλί, σφραγίζονται, και σταθεροποιούνται στα πρόσθετα εμπορευματοκιβώτια. Τα επακόλουθα υαλοποιημένα απόβλητα συσκευάζονται έπειτα σε μεταλλικά βαρέλια, τα οποία μεταφέρονται δια θαλάσσης στην περιοχή. Στην ακτή τα υαλοποιημένα μεταλλικά βαρέλια αποβλήτων επιθεωρούνται για να επιβεβαιώσουν ότι μπορούν να αποθηκευτούν. Τέλος, τα μεταλλικά βαρέλια που περιέχουν τα υαλοποιημένα απόβλητα αποθηκεύονται στην υπόγεια αποθήκη (Εικόνα 2.20) και περιβάλλονται από ένα στρώμα μπεντονίτη. Το Vitrified Waste Storage Center έχει τώρα την ικανότητα να αποθηκεύσει 1.440 μεταλλικά κουτιά εντούτοις, το κέντρο θα επεκταθεί στο μέλλον και θα έχει τελικά μια ικανότητα αποθήκευσης να είναι περίπου ικανό περισσότερα από 3.000 μεταλλικά κουτιά ραδιενεργών αποβλήτων.



Εικόνα 2.20 Τρόπος αποθήκευσης ραδιενεργών αποβλήτων στο Rokkasho

Από το τέλος Φεβρουαρίου 2001,το Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL) έχει λάβει 464 μεταλλικά κουτιά των υαλοποιημένων αποβλήτων που επιστρέφονται στην Ιαπωνία μετά από επανεπεξεργασία στο εξωτερικό. Με βάση το μελλοντικό πρόγραμμα για την επιστροφή των υαλοποιημένων αποβλήτων, η δεύτερης φάσης οικοδόμηση θα εκτελεσθεί για να δημιουργήσει τις πρόσθετες εγκαταστάσεις στο Vitrified Waste Storage Center, όπου σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις, αναμένονται να φθάσουν στη μέγιστη χωρητικότητα.

.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΤΟ ΛΑΥΡΙΟ, ΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 Το Λαύριο

Στην αρχαιότητα η νοτιοανατολική Αττική ονομαζόταν Λαύριο ή Λαυρεωτική. Ο ρόλος του ήταν πολύ σημαντικός στην αρχαιότητα εξαιτίας των πλούσιων ορυχείων του σε ασήμι, παράγοντας που οδήγησε την Αθήνα στον χρυσό της αιώνα. Τα μεταλλευτικά φρέατα της Λαυρεωτικής απλώνονται σ' όλη την έκταση από το ακρωτήριο του Σουνίου στο νότο ως τις παρυφές της κωμόπολης της Κερατέας στο βορρά. Ο αριθμός τους ανέρχεται σε πολλές εκατοντάδες (Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου, 2007).

Το τεράστιο δίκτυο των μεταλλευτικών φρεάτων, δημιουργημένο στην αρχαιότητα, απετέλεσε τη βάση επάνω στην οποία στηρίχθηκε το νεότερο δίκτυο, που άρχισε να κατασκευάζεται από το δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1870 και διατηρήθηκε ενεργό έως τις πρώτες μεταπολεμικές δεκαετίες.

Το Λαύριο υπήρξε μια από τις πιο σημαντικές νέες πόλεις στην Ελλάδα του προπερασμένου αιώνα, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον διεθνή χώρο. Υπήρξε ο πρώτος εργατικός οικισμός που οικοδομήθηκε απ' αρχής στο νεοσύστατο ελληνικό κράτος. Η ίδρυση του Λαυρίου και η εκμετάλλευση του πλούσιου υπεδάφους του συνδέεται άμεσα με την προσπάθεια του νέου ελληνικού κράτους του 19ου αιώνα να αναπτύξει τις πλουτοπαραγωγικές του πηγές και την βιομηχανία του.

Η Ελληνική και η Γαλλική Εταιρεία είναι οι βιομηχανίες που έβαλαν την σφραγίδα τους τόσο στην ανάπτυξη της μεταλλευτικής βιομηχανίας στην Ελλάδα, όσο και στην δημιουργία και το χαρακτήρα της πόλης του Λαυρίου. Το 1875, ιδρύθηκε από τον Serpieri η «Compagnie Francaise des Mines du Laurium», που διαδέχθηκε τα «Μεταλλεία Καμάριζας». Το 19ο αιώνα, η βιομηχανική ανάπτυξη του Λαυρίου και η εισροή εργατών και άλλου προσωπικού από όλη την Ελλάδα και το εξωτερικό έκαναν το Λαύριο πρωτοπόρο σε πολλούς τομείς της κοινωνικής, οικονομικής και τεχνολογικής ζωής. Το Λαύριο μεταβλήθηκε σε πόλη 10.000 κατοίκων στην αρχή του αιώνα, ενώ η Γαλλική Εταιρεία δημιούργησε εγκαταστάσεις 45.000 m² στον Κυπριανό. Οι δύο εταιρίες του Λαυρίου ήταν υπεύθυνες για την λειτουργία της πόλης. Οι κατοικίες και τα καταστήματα ανήκαν στην ιδιοκτησία τους, αυτές φρόντιζαν για την υγειονομική περίθαλψη με νοσοκομεία και φαρμακεία. Οι ίδιες κατασκεύαζαν τα σχολεία, τις εκκλησίες, τις λιμενικές εγκαταστάσεις.

Η ζωή της πόλης του Λαυρίου είναι στενά συνδεδεμένη με τις βιομηχανίες της περιοχής.. Το Λαύριο ήταν η πρώτη πόλη που χρησιμοποίησε τηλέφωνο και ηλεκτρικούς λαμπτήρες (1880), απέκτησε σιδηροδρομική σύνδεση με την Αθήνα (1885) και ηλεκτροφωτίστηκε με λάμπες βολταϊκού τόξου (1882).Το 1906 θα φτιαχτεί το πρώτο σωματείο. Στα χρόνια που ακολουθούν, θα γίνουν εκατοντάδες απεργίες.

Σήμερα, μετά την οριστική διακοπή των μεταλλευτικών εργασιών, η περιοχή του Λαυρίου διατηρεί την ιστορική σημασία της, αλλά και την ιδιαίτερη ομορφιά της. Οι εγκαταστάσεις του 19ου αιώνα και ο περιβάλλων χώρος τους έχουν κριθεί ιστορικά, διατηρητέα μνημεία από το Υπουργείο Πολιτισμού και αποτελούν σημαντικό δείγμα της βιομηχανικής και μεταλλευτικής τεχνολογίας του παρελθόντος, μνημείο του ανθρώπινου μόχθου και σημαντικό κεφάλαιο της ελληνικής βιομηχανικής αρχαιολογίας.

Τα Μεταλλεία Λαυρίου λειτούργησαν από το 1875 έως το 1989. Στο διάστημα 1875-1904 η εταιρεία κατασκευάζει το βασικό πυρήνα των εγκαταστάσεων της που περιλαμβάνει κτίρια διοίκησης, εγκαταστάσεις μηχανικής επεξεργασίας και υδρομηχανικού εμπλουτισμού των μεταλλευμάτων και αναγωγής του μολύβδου. Το 1905 ξεκινά μια μεγάλη επιχείρηση τεχνολογικού εκσυγχρονισμού της μεταλλουργίας του μολύβδου. Επίσης, από το 1905 αλλάζει και η κινητήρια δύναμη του συγκροτήματος με την εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Στο τέλος της δεκαετίας του 1920 η εταιρεία βρίσκεται αντιμέτωπη με τη συνεχιζόμενη πτώση των τιμών του μολύβδου και με τη σταδιακή εξάντληση των κοιτασμάτων. Επιχειρεί να αντιμετωπίσει την κρίση με τον εκσυγχρονισμό της μεθόδου εμπλουτισμού και με την παραγωγή καθαρού μολύβδου για την εσωτερική αγορά. Οι τελευταίες σημαντικές παρεμβάσεις στο συγκρότημα είναι οι εγκαταστάσεις των φίλτρων καπνού που δημιουργήθηκαν μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Ορισμένα από τα κτίρια που σώζονται μέχρι και σήμερα κατασκευάστηκαν το 1875-76 και εξακολούθησαν μέχρι το 1988 να στεγάζουν τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Το συγκρότημα διέκοψε οριστικά τη λειτουργία του το 1989.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η σχετικά πρόσφατη αναβάθμιση του λιμανιού του Λαυρίου, η λειτουργία της μαρίνας, η μεγαλύτερη μαρίνα ελλιμενισμού και υποστήριξης σκαφών αναψυχής στην Ελλάδα, και η μελλοντική επέκταση του Προαστιακού σιδηρόδρομου προσδίδει μια νέα δυναμική στην ευρύτερη περιοχή.

3.2 Το Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο του Λαυρίου

Το Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (Τ.Π.Π.Λ.) ιδρύθηκε στην θέση της παλιάς Γαλλικής Εταιρίας Λαυρίου (Compagnie Francaise des Mines du Laurium) το 1992, με πρωτοβουλία του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Είναι ένας οργανισμός επιστημονικής έρευνας, εκπαιδεύσεως, επιχειρηματικής δραστηριότητας και πολιτισμού. Το μέγεθός του είναι περί τα 250 στρέμματα μέσα στα οποία βρίσκονται 41 κτηριακές μονάδες, κτισμένες από το 1875 έως το 1940, ενώ μέχρι σήμερα έχουν αποκατασταθεί 80 στρέμματα (Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου, 2007, Εικόνα 3.1).

Εικόνα 3.1 Το Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου

Σκοπός του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου είναι η σύνδεση της επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας που πραγματοποιείται στο ΕΜΠ με τις ανάγκες του επιχειρηματικού κόσμου. Αυτό επιτυγχάνεται με την πραγματοποίηση πολιτιστικών εκδηλώσεων. Ο συγκεκριμένος χώρος αποτελεί μοναδικό μνημείο βιομηχανικής αρχαιολογίας και αρχιτεκτονικής και σε αυτόν τον χώρο υπάρχουν μια σειρά από εγκαταστάσεις για την στέγαση τυχών επιχειρηματικών δραστηριοτήτων καθώς και εγκαταστάσεις που τις εκμεταλλεύεται το ΕΜΠ προς όφελος των σπουδαστών του. Καθώς, είναι το μοναδικό Τεχνολογικό Πάρκο στην περιοχή της Αττικής που εξειδικεύεται σε τομείς της σύγχρονης τεχνολογίας, όπως είναι η

πληροφορική, η ηλεκτρονική τεχνολογία, οι τηλεπικοινωνίες, η ρομποτική η τεχνολογία laser, η περιβαλλοντική τεχνολογία, η εξοικονόμηση ενέργειας, κ.α.

Το κτηριακό σύνολο των εγκαταστάσεων του Τ.Π.Π.Λ. αποτελεί εξαιρετικό δείγμα της βιομηχανικής αρχιτεκτονικής, το οποίο έχει κηρυχθεί «νεότερο μνημείο» από το Υπουργείο Πολιτισμού καθώς η βιομηχανική του παράδοση έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάδειξη και την ενίσχυση της περιοχής. Για 120 χρόνια η Γαλλική Εταιρία υπηρέτησε την ανάπτυξη της τεχνολογίας, την έρευνα και την εκπαίδευση. Σήμερα, οι ανακαινισμένες εγκαταστάσεις της και οι υπηρεσίες που παρέχονται από το Τ.Π.Π.Λ. συνεχίζουν στα χνάρια της (Εικόνα 3.2).

Εικόνα 3.2 Ανακαινισμένο κτήριο Μηχανουργείου, εντός του οποίου στεγάζεται μεγάλη αίθουσα συνεδριάσεων

3.3 Γεωλογική Δομή στο Λαύριο και το Τ.Π.Π.Λ.

Η ευρύτερη περιοχή του Λαυρίου, όπως και όλη η ΝΑ Αττική αποτελεί τμήμα της μεταμορφωμένης Αττικοκυκλαδικής Μάζας. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής είναι μεταμορφωμένοι ή ημιμεταμορφωμένοι, αποτελούμενοι από μάρμαρα, δολομιτικά μάρμαρα ή δολομίτες, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και φυλλίτες. Περιορισμένης έκτασης τριτογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμοί εμφανίζονται σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο.

Στην περιοχή της Λαυρεωτικής υπάρχουν δύο συστήματα στρωμάτων. Το αυτόχθον μεταμορφωμένο σύστημα, που αποτελεί τη σειρά Υμηττού – Νότιας Αττικής, και οι σχηματισμοί που παλαιότερα είχαν θεωρηθεί επικλυσιγενείς και αποτελούν το Φυλλιτικό τεκτονικό κάλυμμα. Στην περιοχή του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου φαίνεται ότι εμφανίζονται γεωλογικοί σχηματισμοί και των δύο λιθοστρωματογραφικών τεκτονικών ενοτήτων της ΝΑ Αττικής:

1. **Σειρά Υμηττού-Νότιας Αττικής (αυτόχθονο σύστημα)**

Η σειρά Υμηττού-Νότιας Αττικής αποτελείται από μάρμαρα, δολομίτες και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους με γνωστό πάχος άνω των 10000 m. Χωρίζεται σε τρεις διαπλάσεις:

- **Το κατώτερο μάρμαρο**

Έχει πάχος άνω των 800 m και εξαπλώνεται σε όλη την ΝΑ Αττική.Μέσα στα γνωστά τμήματα του κατώτερου μαρμάρου (Νότιος Υμηττος, Κερατοβούνι, Όλυμπος, Καμάριζα) υπάρχουν δολομίτες και κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι. Είναι λευκό ως κυανότεφρο κοκκώδες μάρμαρο, ενώ κατά θέσεις εμφανίζεται ροδόχρουν. Το ανώτερο τμήμα του κατώτερου μαρμάρου εμφανίζει διαφορετική όψη στα δύο μισά της Λαυρεωτικής χερσονήσου. Στο ανατολικό τμήμα είναι λευκό και σε στρώματα μεγάλου πάχους, ενώ στο δυτικό τμήμα είναι σχεδόν χωρίς στρώση, λατυποπαγές και συνήθως ροδόχρουν έως καστανό

- **Τον σχιστόλιθο Καισαριανής ή Καμάριζας**

Είναι κυρίως μοσχοβιτικοί και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι και φυλλίτες κυρίως μαύροι (με γραφιτοειδή), με ενστρώσεις μαρμάρων συνήθως λεπτοστρωματωδών. Το πάχος των σχιστόλιθων μεταξύ δύο μαρμάρων συνήθως κυμαίνεται από 0-300 m. Στην περιοχή της Πλάκας, οι σχιστόλιθοι έχουν μεταμορφωθεί εξ’ επαφής σε κερατίτες, γύρω από τον γνωστό γρανοδιοριτικό όγκο της Πλάκας.

- **Το ανώτερο μάρμαρο**

Είναι λευκό έως τεφρό, σε λεπτότερα συνήθως στρώματα απ' ότι εμφανίζεται το κατώτερο μάρμαρο. Σε εκσκαφή λατομείου κοντά στο Λαύριο εμφανίζεται σε δύο ορίζοντες, πλήρως διαχωρισμένους χρωματικά. Ο κατώτερος ορίζοντας είναι λευκού χρώματος ενώ ο ανώτερος είναι τεφρού χρώματος. Το συνολικό πάχος του ανώτερου μαρμάρου κυμαίνεται από λίγα έως 100 m. Έχει σημαντική εξάπλωση κυρίως στην νοτιοανατολική πλευρά της Λαυρεωτικής και στο βόρειο Υμηττό.

2. Φυλλιτικό τεκτονικό κάλλυμα

Οι σχηματισμοί Νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος που εμφανίζονται διάφορες περιοχές της Νότιας Αττικής, βρίσκονται επωθημένοι πάνω στους σχηματισμούς του αυτόχθονου συστήματος της σειράς Υμηττού-Νότιας Αττικής.Το συνολικό πάχος των σχηματισμών του Φυλλιτικού καλύμματος υπερβαίνει πολλές φορές τα 800 m. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται, κυρίως, από φυλλίτες, σερικιτικούς και χαλαζιακούς σχιστόλιθους και χαλαζίτες, με παρεμβολές μεταμορφωμένων βασικών εκρηξιγενών (πρασινιτών). Επίσης απαντώνται σ' αυτούς ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστολίθων, ποικίλου πάχους, κυρίως στα ανώτερα μέλη των σχηματισμών του τεκτονικού καλύμματος. Πρόκειται για μυλονιτιωμένα μάρμαρα, συνήθως χρώματος καστανού λόγω αγκεριτιώσεως από τη δράση μεταγενέστερων σιδηρούχων διαλυμάτων. Μυλονιτίωση, δολομιτίωση και αγκεριτίωση υπέστη επίσης και το ανώτερο τμήμα του ανώτερου ή του κατώτερου μαρμάρου, το οποίο βρέθηκε κάτω από την επιφάνεια της επώθησης. Τα αγκεριτιωμένα αυτά μάρμαρα, στη βάση του επωθημένου καλύμματος θεώρησε ο LEPSIUS σαν ιδιαίτερο στρωματογραφικό ορίζοντα, τον οποίο ονόμασε κατώτερο ασβεστόλιθο ή σιδηρούχο ασβεστόλιθο.

Οι σχηματισμοί του νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος επικρατούν στους λόφους που περιβάλλουν τις εγκαταστάσεις του Τ.Π.Π.Λ. Αποτελούνται από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, εντός των οποίων κατά θέσεις εμφανίζονται σχιστολιθικές και χαλαζιτικές ενστρώσεις. Στον βορειοδυτικό λόφο του Πάρκου είναι άστρωτοι, τοφφώδεις, αγκεριτιωμένοι.

3. **Προσχωματικές αποθέσεις**

Ανάλογα με την θέση ανάπτυξή τους επικρατούν τα αδρομερή ή τα λεπτομερή υλικά. Στα περιθώρια της χαμηλής ζώνης εμφανίζονται τα αδρομερή υλικά ενώ στις υψομετρικά χαμηλότερες ζώνες επικρατούν τα λεπτομερέστερα υλικά. Τα αδρομεδή υλικά είναι συνήθως μικρών διαστάσεων κώνοι κορημάτων ενώ τα λεπτομερέστερα υλικά δεν είναι συνήθως ορατά στην επιφάνεια του εδάφους καθώς έχουν επικαλυφθεί από δευτερογενή υλικά τα οποία προέρχονται από την μεταλλευτική και την μεταλλουργική δραστηριότητα.

4. **Τεχνητά μπάζα από υλικά μεταλλευτικής και μεταλλουργικής δραστηριότητας**

Το μεγαλύτερο τμήμα του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου είναι καλυμμένο από υλικά μεταλλευτικής και μεταλλουργικής δραστηριότητας, το πάχος των οποίων διαφέρει από περιοχή σε περιοχή.

5. **Ζώνες εξυγίανσης εδαφών**

Έχουν παρθεί μέτρα για την μείωση της τοξικότητας των υλικών από την μεταλλευτική και την μεταλλουργική δραστηριότητα εντός του Τ.Π.Π.Λ..Ένας τρόπος είναι η κάλυψη των υλικών αυτών με ασβεστολιθικό υλικό και στην συνέχεια με ένα στρώμα ερυθράς αργίλου.

3.4 Υπάρχον Υπόγειος Χώρος Διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων

Στην περιοχή του Λαυρίου και συγκεκριμένα εντός του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου, κατασκευάστηκε ένα πρωτοποριακό υπόγειο έργο για την Ελλάδα που αποσκοπεί στην αποθήκευση τοξικών υλικών. Ο υπόγειος χώρος κατασκευάστηκε με αφορμή της προσπάθειας εξυγίανσης των εδαφών που πραγματοποιείται εντός του Πάρκου, εξαιτίας των της μόλυνσης, η οποία έχει προκληθεί όλα αυτά τα χρόνια από διάφορα υλικά μεταλλευτικής και μεταλλουργικής δραστηριότητας.

Το έργο κατασκευάστηκε με την μέθοδο των θαλάμων και στύλων εντός της περιοχής που οριοθετείται από τις συντεταγμένες των σημείων Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ, Ι και Κ (Πίνακας 3.1).

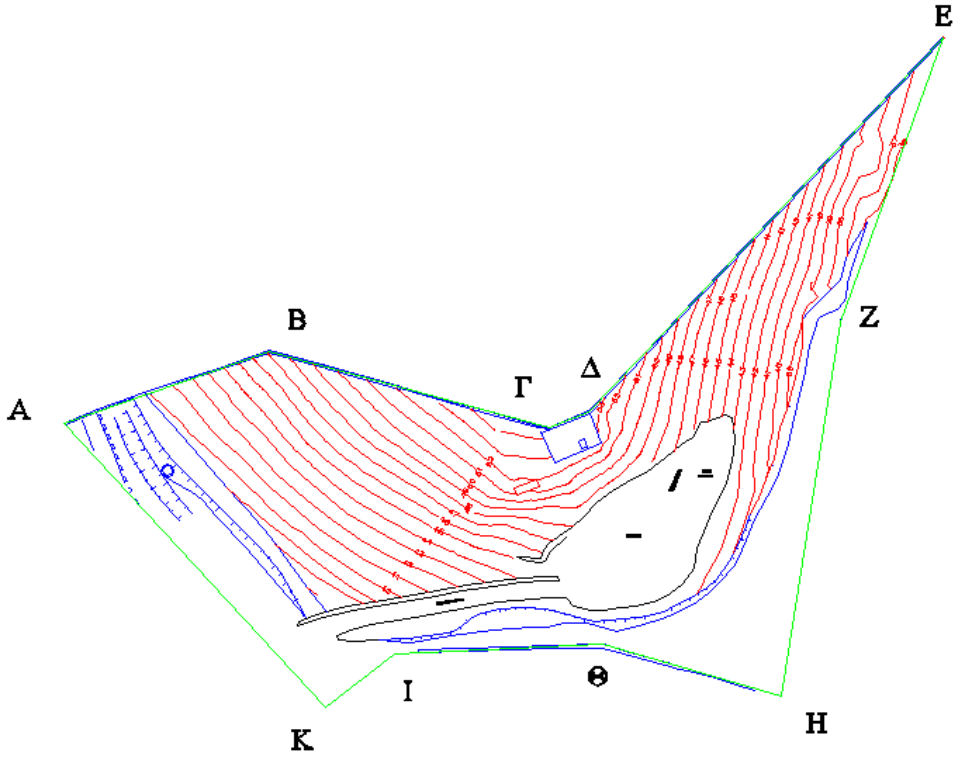
Πίνακας 3.1 Συντεταγμένες των ορίων της περιοχής του Λαυρίου εντός της οποίας κατασκευάστηκε το υπόγειο έργο

Σημείο	X	Y
Α	503770,75	4174823,56
Β	503821,33	4174841,30
Γ	503890,49	4174822,47
Δ	503900,17	4174826,36
Ε	503987,63	4174918,68
Ζ	503962,31	4174848,57
Η	503947,62	4174756,01
Θ	503903,86	4174768,81
Ι	503852,22	4174766,55
Κ	503835,22	4174753,25

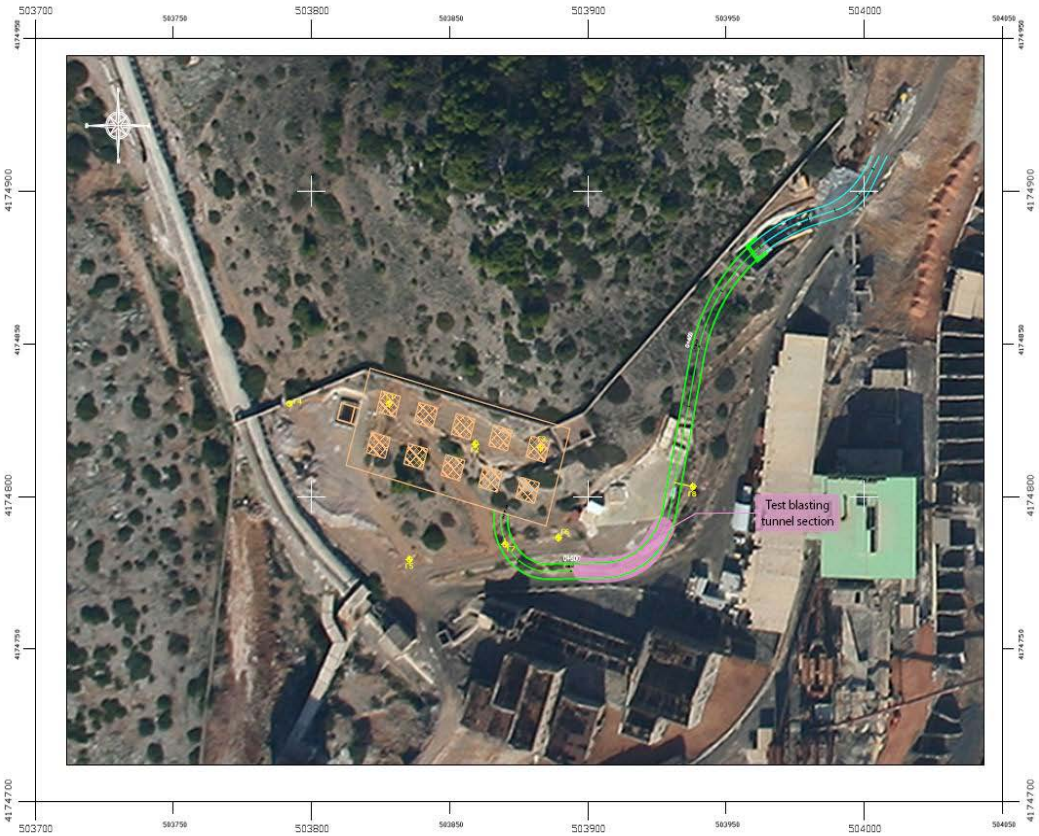
Γενικά, η θέση κατασκευής του υπόγειου έργου βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της περιοχής του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου, πλησίον των σημείων Β και Γ (Εικόνα 3.3) και όπως μπορούμε να διακρίνουμε καλύτερα την ακριβή θέση κατασκευής του (Εικόνα 3.4). Αντίστοιχα, οι συντεταγμένες των τεσσάρων γωνιών του υπόγειου χώρου δίνονται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 Συντεταγμένες των τεσσάρων γωνιών του υπόγειου χώρου

Σημείο	X	Y
Y1	503821,498	4174841,152
Y2	503893,780	4174822,146
Y3	503884,978	4174790,341
Y4	503812,695	4174810,348

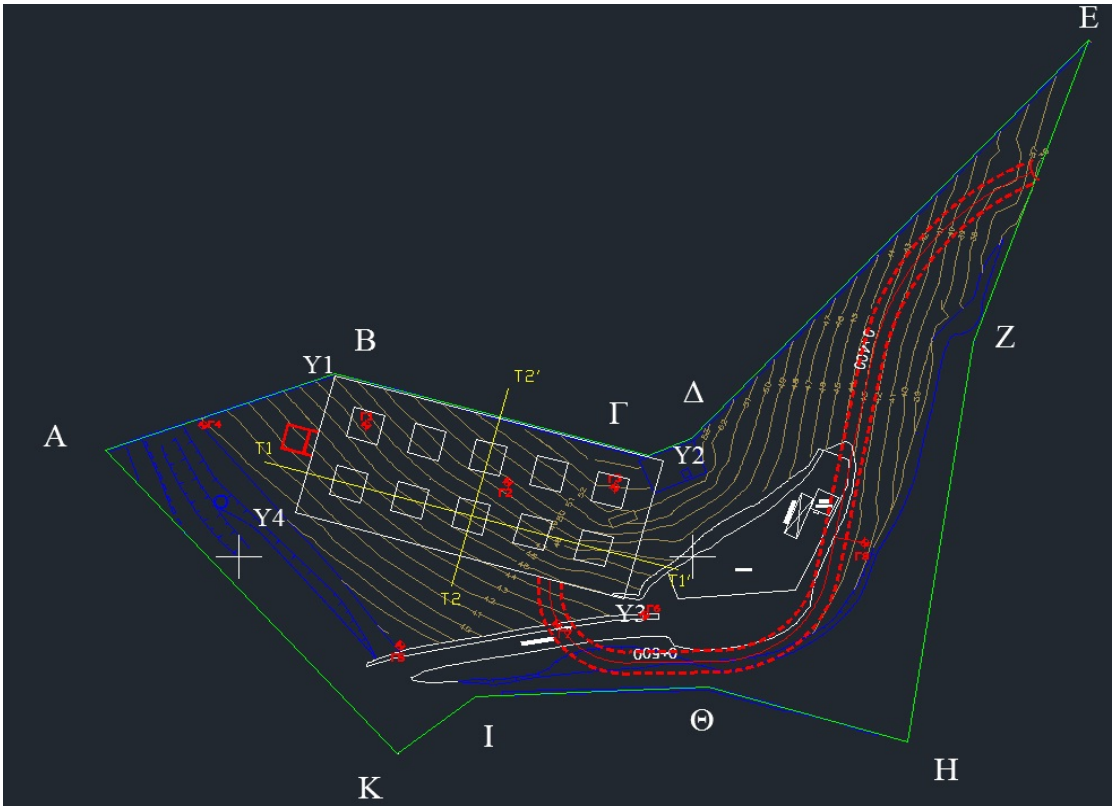


Εικόνα 3.3 Περιοχή χωροθέτησης υπόγειου χώρου



Εικόνα 3.4 Τοπογραφικό σχέδιο του υπογείου συγκροτήματος

Στην περιοχή που κατασκευάστηκε το υπόγειο έργο πραγματοποιήθηκαν επιπλέον 8 γεωτρήσεις Εικόνα 3.5), πέραν των δύο αρχικών, με σκοπό την διερεύνηση των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών του υπεδάφους καθώς και ο εντοπισμός του υψόμετρου έναρξης του σχηματισμού του Ανώτερου Μαρμάρου, εντός του οποίου πραγματοποιήθηκε η κατασκευή του υπόγειου χώρου. Τα αποτελέσματα για τα στρώματα που συναντούνται ανά γεώτρηση είναι τα εξής:



Εικόνα 3.5 Τοπογραφικό σχέδιο του υπογείου συγκροτήματος με υπόδειξη των γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν (κόκκινο χρώμα)

- **Γεώτρηση 1 (Βάθος 42,20m)**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-3,5m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
3,5m-11,45m	Κερματισμένος και αποσαθρωμένος, κατά θέσεις αργιλοποιημένος, καστανοπράσινος φυλλίτης του τεκτονικού καλύμματος, κατά θέσεις με χαλαζία
11.45m-13,5m	Κερματισμένος και αργιλοποιημένος, σκούρος τεφρός γραφιτικός σχιστόλιθος με χαλαζία του τεκτονικού καλύμματος
13,5m-22,3m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης με ενδιαστρώσεις οξειδωμένου ασβεστόλιθου, κατά θέσεις με μικροκάρστ
22,3m-42,2m	ασβεστόλιθος του ανώτερου μαρμάρου, ανοικτότεφρου χρώματος, κατά θέσεις με οξείδια και μικροκάρστ

- **Γεώτρηση 2 (Βάθος 45,80)m**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-2,00m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
2,00m-16,3m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης του τεκτονικού καλύμματος με ενδιαστρώσεις αγκεριτιωμένου ασβεστόλιθου
16,3m-27,00m	Γραφιτικός σχιστόλιθος με χαλαζία κατά θέσεις αργιλοποιημένος με ενδιαστρώσεις ασβεστολίθου
27m-45,80m	Ασβεστόλιθος του ανώτερου μαρμάρου, ανοικτότεφρου χρώματος, κατά θέσεις με οξείδια και μικροκάρστ

- **Γεώτρηση 3 (Βάθος 48,30m)**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-4,2m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
2,00m-18,6m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης του τεκτονικού καλύμματος με ενδιαστρώσεις αγκεριτιωμένου ασβεστόλιθου κατά θέσεις με ασβεστίτη και μικροκάρστ
18,6m-26,3m	Γραφιτικός σχιστόλιθος με χαλαζία κατά θέσεις αργιλοποιημένος
26,3m-28,2m	Μικρό πάχος της τεκτονικής επαφής ασβεστόλιθου – σχιστόλιθου σε εναλλαγες με τη μορφή ημισυνεκτικού ψηφιδολατυποπαγούς
28,2m-46,2m	ασβεστόλιθος του ανώτερου μαρμάρου, ανοικτότεφρου χρώματος, κατά θέσεις με οξείδια και μικροκάρστ

- **Γεώτρηση 4 (Βάθος 35,2m)**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-1,8m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
1,8m-26,9m	Ασβεστόλιθος του τεκτονικού καλύμματος ανοικτότεφρου χρώματος κατά θέσεις οξειδωμένος και με μικροκάρστ
26,9m-34m	Ασβεστόλιθος «Ανώτερου Μαρμάρου» ανοικτότεφρου χρώματος
34m-35,2m	Ασβεστόλιθος «Ανώτερου Μαρμάρου» λευκού χρώματος

- **Γεώτρηση 5 (Βάθος 33,5m)**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-0,6m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες ή σχιστολιθικά ή ασβεστολιθικά τεμάχια
0,6m-15,9m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης του τεκτονικού καλύμματος με ενδιαστρώσεις ασβεστόλιθου
15,9m-33,5m	Ασβεστόλιθος «Ανώτερου Μαρμάρου» ανοικτότεφρου χρώματος

- **Γεώτρηση 6 (Βάθος 39,20m)**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-2,00m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
2,00m-19,4m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης με ενδιαστρώσεις ασβεστόλιθου,κατά θέσεις με εμφάνιση οξειδίων και μικροκάρστ
19,4m-24,5m	Γραφιτικός σχιστόλιθος του τεκτονικού καλύμματος με χαλαζία και κατά θέσεις αργιλοποιημένος
24,5m-28,4m	Τεκτονική επαφή ασβεστόλιθου - σχιστόλιθου
28,4m-39,2m	Ασβεστόλιθος του «Ανώτερου Μαρμάρου» ανοικτότεφρου χρώματος

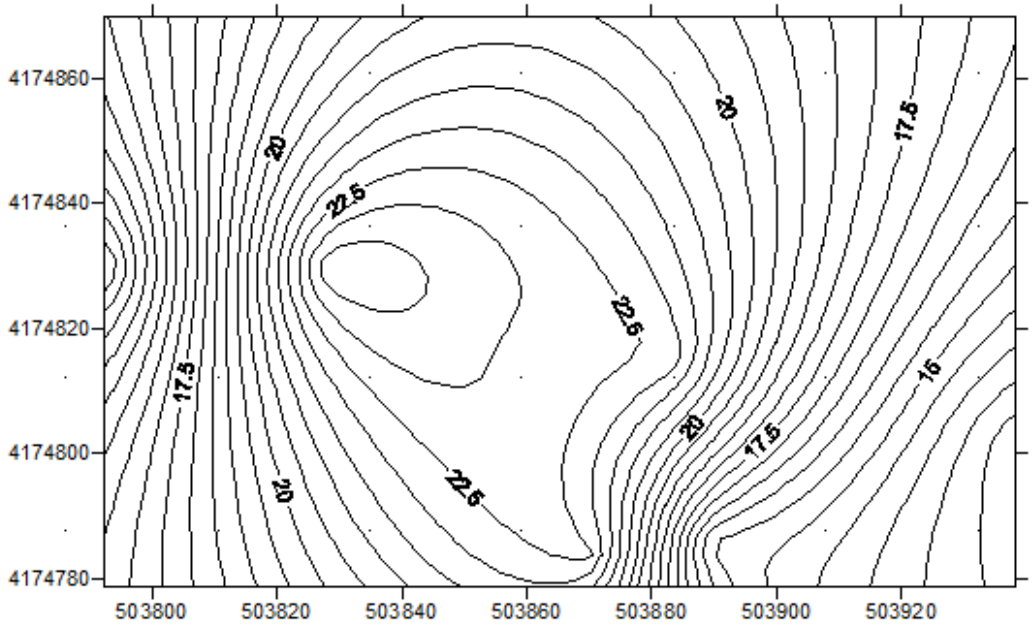
- **Γεώτρηση 7 (Βάθος 37,50m)**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-3,00m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
3,00m-9,00m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης με ενδιαστρώσεις αγκεριτιωμένου ασβεστόλιθου
9,00m-18,3m	Γραφιτικός σχιστόλιθος του τεκτονικού καλύμματος με χαλαζία και κατά θέσεις αργιλοποιημένος
18,3m-18,8m	Τεκτονική επαφή ασβεστόλιθου - σχιστόλιθου
18,8m-37,5m	Ασβεστόλιθος του «Ανώτερου Μαρμάρου» με ασβεστίτη και μικροκάρστ

- **Γεώτρηση 8 (Βάθος 35,00m)**

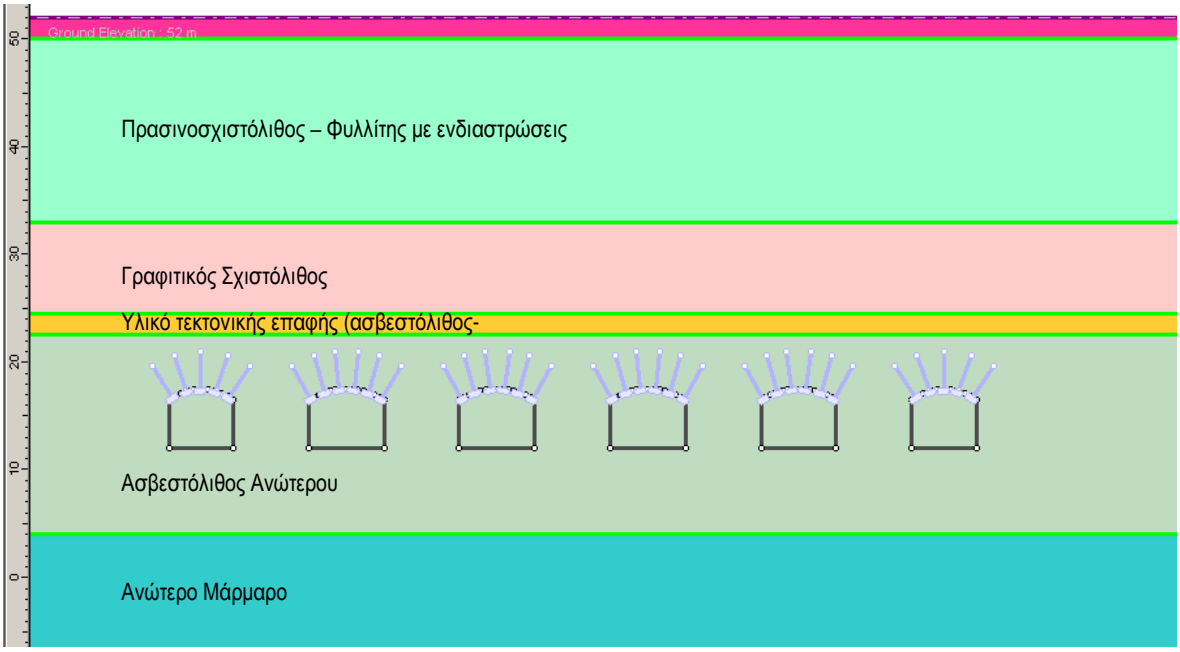
Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-3,00m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες και τεμάχη πετρώματος
3,00m-16,2m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης του τεκτονικού καλύμματος κατά θέσεις αργιλοποιημένος και οξειδωμένος
16,2m-28,2m	Γραφιτικός σχιστόλιθος του τεκτονικού καλύμματος κατά θέσεις αργιλοποιημένος
28,2m-28,6m	Τεκτονική επαφή ασβεστόλιθου - σχιστόλιθου
28,6m-33,0m	Ασβεστόλιθος του «Ανώτερου Μαρμάρου» ανοικτότεφρου χρώματος κατά θέσεις οξειδωμένος με μικροκάρστ
33,0m-35,0m	Ασβεστόλιθος του «Ανώτερου Μαρμάρου» λευκού χρώματος

Σύμφωνα λοιπόν με τους παραπάνω πίνακες, το υπόγειο έργο κατασκευάστηκε εντός του στρώματος του ασβεστόλιθου του «Ανώτερου Μαρμάρου», και σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι ισοϋψείς καμπύλες της οροφής του ασβεστολιθικού σχηματισμού του «Ανώτερου Μαρμάρου» (Εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.6 Ισοϋψείς καμπύλες εμφάνισης της οροφής του ασβεστολιθικού σχηματισμού του Ανώτερου Μαρμάρου

Αρχικά το επίπεδο του δαπέδου είχε τοποθετηθεί στο επίπεδο των +15m με μέγιστο ύψος το επίπεδο των +20,5m. Στην τελική μελέτη όμως επιλέχτηκε το επίπεδο των +12m καθώς σύμφωνα με τα δεδομένα μας το ανώτερο υψόμετρο του ασβεστολιθικού ορίζοντα κυμαίνεται περί τα +22m, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.7). Τέλος, η κατασκευή του υπόγειου χώρου στο επίπεδο των +12m βοηθά στην μείωση της πιθανότητας συνάντησης σχηματισμών εναλλαγής του ασβεστολιθικού σχηματισμού με τον σχηματισμό του γραφιτικού σχιστόλιθου, συνδυασμό που εμφανίστηκε πλησίον της γεώτρησης Γ6.



Εικόνα 3.7 Μοντέλο απεικόνισης των γεωλογικών στρωμάτων στην θέση κατασκευής του υπόγειου έργου

3.4.1 Μέθοδος διάνοιξης του υπόγειου συγκροτήματος

Το έργο χωρίστηκε σε τρία υποέργα, τα οποία είναι:

- Ο υπόγειος θάλαμος
- Το προσπελαστικό φρέαρ
- Η προσπελαστική σήραγγα

Η οδός πρόσβασης - σήραγγα κατασκευάστηκε πρώτα, ώστε να εξασφαλιστεί η πρόσβαση στον υπόγειο θάλαμο και στην συνέχεια ξεκίνησε η κατασκευή του υπόγειου χώρου και του φρέατος.

3.4.1.1 Προσπελαστική σήραγγα

Η προσπελαστική σήραγγα έχει μήκος 174,72m εκ των οποίων τα 166,84m διανοίχτηκαν υπογείως. Έχει πεταλοειδή διατομή με ύψος 5,50m, άνοιγμα 4,50m και πλάτος 4,50m. Το πάχος των γεωλογικών υπερκειμένων κυμαίνεται στα 24m (Εικόνα 3.8).

Η διάνοιξή της έγινε με την χρήση μηχανικών μέσων (τσάπα και σφυρί) για τα επιφανειακά στρώματα, ενώ για μεγαλύτερα βάθη, με μη αποσαθρωμένους σχηματισμούς, χρησιμοποιήθηκαν εκρηκτικές ύλες.

Εικόνα 3.8 Η είσοδος της προσπελαστικής σήραγγας

3.4.1.2 Το φρέαρ

Το φρέαρ (Εικόνα 3.9), βάθους 28,5m, ορύχθηκε πλησίον της δυτικής παρειάς του υπογείου θαλάμου.Η τεχνική μελέτη προέβλεπε το φρέαρ να έχει ορθογωνική διατομή B x L=4,40m x 5,00m. Λόγω των υποβαθμισμένων μηχανικών χαρακτηριστικών των γεωυλικών στα ανώτερα στρώματα, όπου επρόκειτο να διανοιχτεί το φρέαρ,

επιλέχτηκε η ανοιχτή εκσκαφή των πρώτων 4,0m. Με τη συγκεκριμένη πρόβλεψη εξασφαλίστηκε και ο απαραίτητος χώρος για την κίνηση του εξοπλισμού κατασκευής, καθώς στην συνέχεια εμφανίστηκαν σκληροί σχηματισμοί, με αποτέλεσμα να επιλεχθεί νέα μέθοδος διάνοιξης του φρέατος. Συνεπώς, το χείλος του φρέατος κατασκευάστηκε σε υψόμετρο +39,50m και το τελικό μήκος διάτρησης είναι 24,50m (τελικό υψόμετρο στα +15,00m).

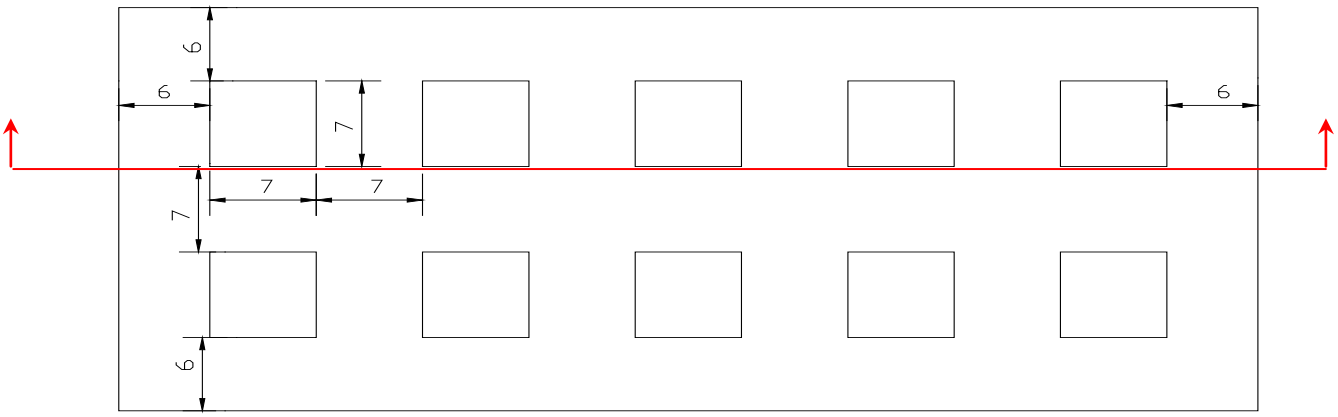
Για λόγους ανακούφισης των πλευρικών τριβών καθ' ύψος του φρέατος, αλλά και για λόγους διευκόλυνσης της κατασκευής υιοθετήθηκε τηλεσκοπική γεωμετρία, με δύο διαφορετικές διατομές :

- Τμήμα Α: 7,00m x 6,40m
- Τμήμα Β: 5,60m x 5,00m

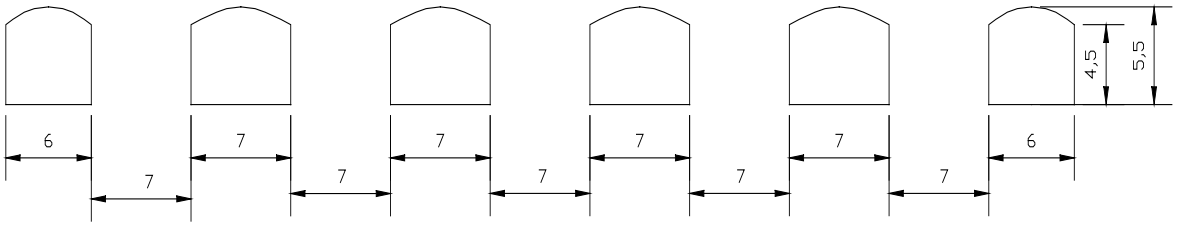
Εικόνα 3.9 Εξωτερική εικόνα του φρέαρ

3.4.1.3 Ο Υπόγειος Χώρος

Το υπόγειο συγκρότημα (Σχήμα) έχει διαστάσεις 75mx33m με συνολική έκταση 2475 m^2 και με μέγιστο ύψος τα 5,5 m. Οι στύλοι έχουν κανονική τετραγωνική διάταξη με πλάτος 7m και οι θάλαμοι έχουν πλάτος 7m επίσης. Οι στύλοι απέχουν από τις παρειές 6m. Με βάση τα παραπάνω γεωμετρικά χαρακτηριστικά το συνολικό εμβαδόν του υπογείου συγκροτήματος προς ωφέλιμη χρήση είναι 1985 m^2. (Εικόνες 3.10 και 3.11).



Εικόνα 3.10 Σκαρίφημα αρχικής κάτοψης του υπόγειου συγκροτήματος

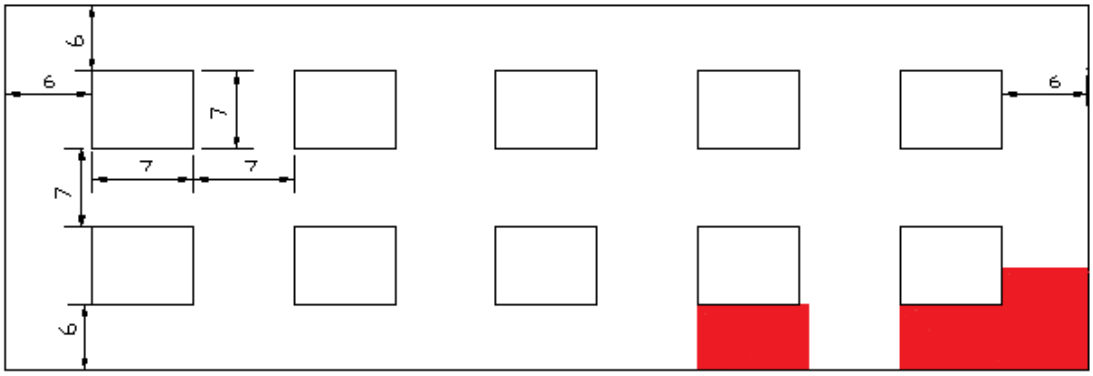


Εικόνα 3.11 Σκαρίφημα επιμήκους τομής του υπόγειου συγκροτήματος

Ο υπόγειος χώρος αποτελείται από τρεις μεγάλους θαλάμους και δέκα στύλους. Μέσα στον υπόγειο χώρο έχουν τοποθετηθεί γραφεία και κάγκελα τα οποία διαχωρίζουν μεταξύ τους τους θαλάμους μέσα στους οποίους θα τοποθετηθούν τα μεταλλικά βαρέλια με τα απόβλητα (Εικόνα 3.12). Ωστόσο, ο τελικός ωφέλιμος χώρος είναι

μικρότερος απ' ότι υπολογίστηκε, καθώς κοντά στην γεώτρηση Γ6 συναντήθηκαν σχηματισμοί εναλλαγής του ασβεστολιθικού σχηματισμού με τον σχηματισμό του γραφιτικού σχιστόλιθου, με αποτέλεσμα να αποφασιστεί να μην γίνει η διάνοιξη των δύο πλευρικών θαλάμων (Εικόνα 3.13).

Εικόνα 3.12 Τελική μορφή του υπόγειου χώρου



Εικόνα 3.13 Σκαρίφημα της τελικής κάτοψης του χώρου (με κόκκινο χρώμα οι θάλαμοι εντός των οποίων παρατηρήθηκαν εναλλαγές σχιστόλιθου-ασβεστόλιθου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΕΠΕΚΤΑΣΕΩΝ

4.1 Γενικά στοιχεία

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός δύο επεκτάσεων στο ήδη υφιστάμενο υπόγειο έργο. Η πρώτη επέκταση του ήδη υπάρχοντος χώρου θα πραγματοποιηθεί στο νοτιοδυτικό τμήμα του υπάρχον έργου εφαρμόζοντας και εδώ τη μεταλλευτική μέθοδο θαλάμων και στύλων (rooms-and-pillar). Η συγκεκριμένη μέθοδος ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων εκμετάλλευσης με κενά μέτωπα. Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι ότι ο κενός χώρος που δημιουργείται , παραμένει ανοιχτός με την βοήθεια φυσικής υποστήριξης, η οποία προσφέρεται μέσω των στύλων. Η ίδια μέθοδος θα χρησιμοποιηθεί και για την δεύτερη επέκταση στο βορειοανατολικό τμήμα του έργου.

Η εκσκαφή του πετρώματος γίνεται με τη δημιουργία παράλληλων και κάθετων στοών (θαλάμων), οι άξονες των οποίων ισαπέχουν μεταξύ τους, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τους στύλους του πετρώματος. Στην μεταλλευτική της εφαρμογή η μέθοδος μπορεί να δημιουργεί στύλους και θαλάμους με ακανόνιστη δομή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει επιλεχτεί μια κανονική τετραγωνική διάταξη στύλων και θαλάμων όπως ακριβώς και στο ήδη υπάρχον έργο. Οι στύλοι θα είναι τετραγωνικής διατομής με πλάτος 7 m , οι θάλαμοι του χώρου θα έχουν πλάτος 7 m ενώ το άνοιγμα του θαλάμου στις παρειές θα είναι 6m.

4.2 Βασικό τυπολόγιο της μεθόδου

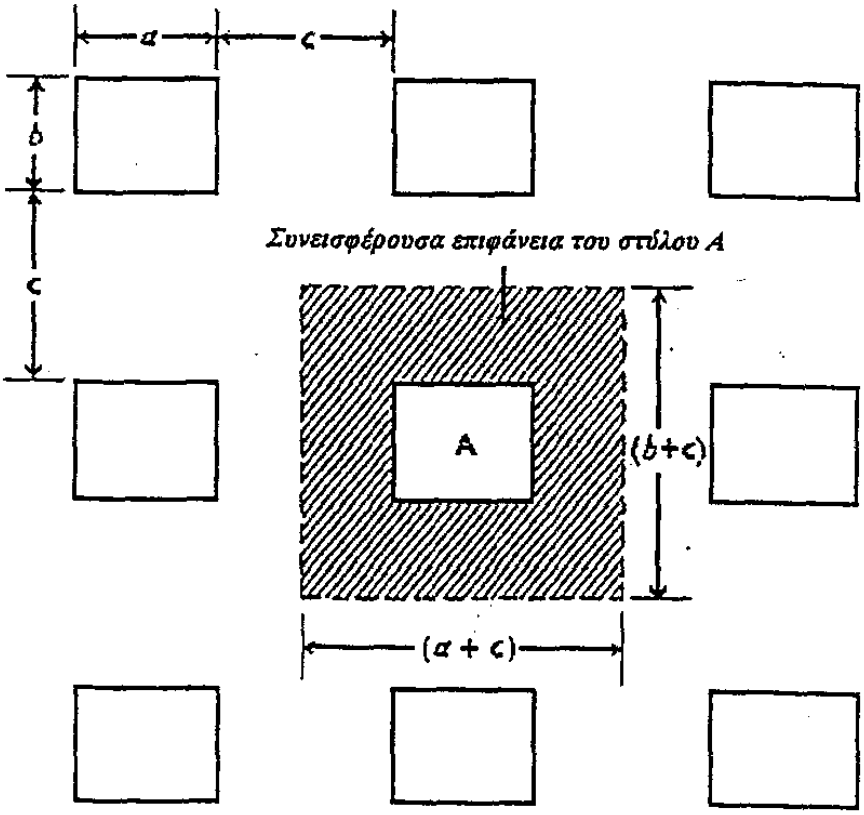
Ο υπολογισμός των διαστάσεων των στύλων μπορεί να γίνει πολύ απλά χάρη στην θεωρία της συνεισφέρουσας επιφάνειας (tributary load area). Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.1 κάθε στύλος φέρει το φορτίο του πετρώματος που βρίσκεται μέσα σε ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, γενέτειρα του οποίου είναι η συνεισφέρουσα επιφάνεια. Το εμβαδόν της συνεισφέρουσας επιφάνειας δίνεται από τον τύπο:

$$A_t = A_R + A_p \qquad (4.1)$$

Όπου A_t: εμβαδόν συνεισφέρουσας επιφάνειας

A_R : επιφάνεια που αντιστοιχεί σε κάθε στύλο

A_p: επιφάνεια του στύλου



Σχήμα 4.1 Συνεισφέρουσα επιφάνεια στύλου

Οι στύλοι αστοχούν σε θλίψη όταν η ασκούμενη θλιπτική τάση (σ_p) υπερβεί την αντοχή του στύλου (Cp). Το κριτήριο αυτό εκφράζεται από την σχέση:

—

Όπου : : η θλιπτική τάση που ασκείται στον στύλο

η αντοχή του στύλου σε μονοαξονική θλίψη

: ο συντελεστής ασφαλείας σε θλίψη

Η γενική εξίσωση που εκφράζει την μέση ορθή τάση που αναπτύσσεται στους στύλους του πετρώματος είναι :

— — **(4.2)**

Όπου : : η θλιπτική τάση που ασκείται στον στύλο

: η κατακόρυφη τάση υπερκειμένων

: το ειδικό βάρος του υπερκείμενου πετρώματος

: το ύψος των υπερκείμενων πετρωμάτων

: η επιφάνεια του στύλου

: η συνεισφέρουσα επιφάνεια

Στην περίπτωση που οι στύλοι είναι ορθογώνιοι η μέση ορθή τάση που αναπτύσσεται στους στύλους δίνεται από τον τύπο:

— — **(4.3)**

Όπου : : το πλάτος του θαλάμου μεταξύ δύο διαδοχικών στύλων

: το πλάτος του στύλου

: το πλάτος του θαλάμου μεταξύ δύο διαδοχικών στύλων

: το πλάτος του στύλου

Όταν υπάρχουν στύλοι με κανονική διάταξη και τετραγωνική διατομή, η τάση που αναπτύσσεται σε αυτούς δίνεται από την εξίσωση:

(4.4)

Για τον υπολογισμό της αντοχής του στύλου σε θλίψη (C_p) υπάρχουν διάφορες εμπειρικές σχέσεις, καθώς και οι αντίστοιχοι προτεινόμενοι συντελεστές ασφαλείας, στα μεταλλεία. Όπως :

(Holland & Gaddy, 1957)

Προτεινόμενος SF > 1.8

(Salamon & Munro, 1967)

Προτεινόμενος SF > 1.6

(Hedley & Grant, 1972)

Προτεινόμενος SF >1.6

— (Bieniawski, 1967)

Προτεινόμενος SF > 2

— (Obert & Duvall, 1967) **(4.5)**

Προτεινόμενος SF > 2

Όπου : η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη δοκιμίου του πετρώματος τετραγωνικής διατομής (d/h=1).

Για των σχεδιασμό των δύο επεκτάσεων, θα χρησιμοποιηθούν οι τύποι των Obert & Duvall, με προτεινόμενο SF>4.

Ο λόγος — πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 4. Η αύξηση του συγκεκριμένου λόγου οδηγεί και στην βελτίωση της αντοχής των στύλων (Iannacchione, 1999) και συνήθως επιλέγεται να παίρνει τιμές μεγαλύτερες της μονάδας.

Αντίστοιχα ο υπολογισμός του πλάτους των θαλάμων πραγματοποιείται αφού γίνει πρώτα ο διαχωρισμός των πετρωμάτων μέσα στα οποία θα κατασκευαστεί το έργο σε συμπαγή και σε στρωσιγενή πετρώματα.

Για το σχεδιασμό θαλάμων σε συμπαγή πετρώματα χρησιμοποιούνται διαδικασίες με βάση κυρίως την εμπειρία από όρυξη εκσκαφών σε παρόμοια πετρώματα. Βασική εργασία είναι ο προσδιορισμός των μέγιστων συγκεντρώσεων τάσεων γύρω από την εκσκαφή και στην συνέχεια η σύγκρισή τους με τις αντίστοιχες τάσεις που προβλέπονται από τα κριτήρια αστοχίας:

—

—

Όπου: : η μέγιστη εφελκυστική τάση γύρω από την εκσκαφή

: η αντοχή του πετρώματος σε εφελκυσμό

: ο συντελεστής ασφαλείας για εφελκυσμό από 4 εως 8

: η μέγιστη θλιπτική τάση γύρω από την εκσκαφή

: η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη

: ο συντελεστής ασφαλείας για θλίψη από 2 εως 4

Αντίθετα, στα στρωσιγενή πετρώματα, το πλάτος των θαλάμων υπολογίζεται σύμφωνα με την θεωρία της αμφίπακτης δοκούς όπου ισχύουν οι εξής σχέσεις:

—

—

—

Όπου, : η μέγιστη κάμψη

: η μέγιστη διατμητική τάση

: η μέγιστη εφελκυστική/θλιπτική τάση

L: το πλάτος του θαλάμου

E: το μέτρο ελαστικότητας του πετρώματος

t: το πάχος του στρώματος

γ: το ειδικό βάρος του πετρώματος

Από τις δύο τελευταίες σχέσεις προκύπτει η σχέση:

Η μέγιστη κάμψη παρατηρείται στο μέσο του θαλάμου. Η μέγιστη διατμητική, εφελκυστική και θλιπτική τάση παρατηρούνται στα άκρα του θαλάμου, όπου οι εφελκυστικές τάσεις αναπτύσσονται στο κάτω μέρος του θαλάμου, ενώ οι θλιπτικές στο άνω. Αντίστοιχα, στο μέσο του θαλάμου η διατμητική τάση μηδενίζεται ενώ το κάτω μέρος του στρώματος εφελκύεται και το πάνω θλίβεται. Εξαιτίας του ότι η αντοχή των πετρωμάτων σε θλίψη είναι μεγαλύτερη από ότι σε εφελκυσμό, προκύπτει ότι, η αστοχία της οροφής θα ξεκινήσει από το άνω μέρος του στρώματος στα άκρα του θαλάμου.

Όταν η τιμή του λόγου του πλάτους του θαλάμου προς το πάχος του στρώματος της οροφής είναι μεγαλύτερη από 5:1 (στρωσιγενής σχηματισμοί), δηλαδή L/t>5 τότε ισχύει >3 .Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η αντοχή των πετρωμάτων σε εφελκυσμό είναι συνήθως μικρότερη από ότι σε διάτμηση και πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη θλίψη, οδηγεί στην εκλογή της μέγιστης εφελκυστικής τάσης ως παράμετρο σχεδιασμού των θαλάμων.

Επομένως, η τελευταία σχέση γίνεται:

(4.6)

Στις περιπτώσεις που η άμεση οροφή αποτελείται από δύο ή περισσότερες στρώσεις και οι λεπτότερες στρώσεις είναι πάνω από τις παχύτερες, τότε για τον σχεδιασμό των θαλάμων χρειάζεται να ληφθεί υπόψη το επιπλέον βάρος που είναι πάνω από την άμεση οροφή. Αυτο γίνεται υπολογίζοντας ένα προσαρμοσμένο ειδικό βάρος ( ) σύμφωνα με τον τύπο :

Όπου : n: ο αριθμός των στρώσεων

4.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά των δύο επεκτάσεων

Οι επεκτάσεις χρειάζεται να καλύπτουν ορισμένες προδιαγραφές – χαρακτηριστικά, τα οποία δίνονται ως ακολούθως:

- Η ελάχιστη ωφέλιμη επιφάνεια του έργου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον το ¼ του ήδη υπάρχοντος υπογείου έργου
- Το πλάτος του θαλάμου μεταξύ δύο διαδοχικών στύλων πρέπει να είναι τουλάχιστον 7m
- Το ύψος του χώρου θα πρέπει να είναι 5,5m
- Το λόγο πλάτος / ύψος στύλου (W/H), ο οποίος θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με 1
- Ο συντελεστής ασφαλείας των στύλων, ο οποίος για την περίπτωση που εφαρμόζεται ο τύπος των Obert & Duvall για την εκτίμηση της αντοχής του στύλου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 4
- Ο συντελεστή ασφαλείας σε εφελκυσμό για την εκτίμηση του μέγιστου πλάτους του θαλάμου, ο οποίος θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 8

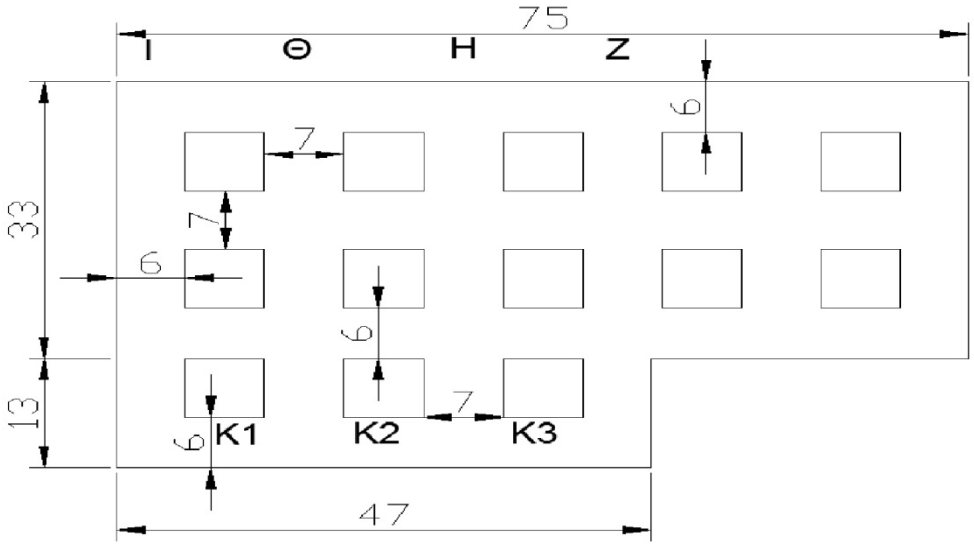
Επιλέγεται να κατασκευαστούν στύλοι τετραγωνικής διατομής καθώς αυτοί επιτυγχάνουν:

- τη μέγιστη δυνατή απόληψη και επομένως αυξημένη τελική επιφάνεια, για σταθερά πλάτη θαλάμων
- την πιο ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων γύρω από το άνοιγμα
- ομοιομορφία με το υφιστάμενο υπόγειο έργο.

4.4 Α΄ Επέκταση

Η πρώτη επέκταση του ήδη υπάρχοντος έργου θα πραγματοποιηθεί στο νοτιοδυτικό τμήμα του χώρου και προτείνεται να έχει ωφέλιμο χώρο 464 . Για την κατασκευή του χώρου θα επιλεχθούν και εδώ στύλοι τετραγωνικής διατομής με πλάτος

και θάλαμοι με πλάτος επίσης. Οι στύλοι δομούνται σε μία σειρά ενώ οι αποστάσεις τους από τις παρειές του χώρου θα είναι 6m. Το μέγιστο ύψος του χώρου θα είναι 5,5m και θα έχει αψιδωτή διατομή με ωφέλιμο ύψος 4,5m, όπως φαίνεται στο σκαρίφημα του χώρου (Σχήμα 4.2).

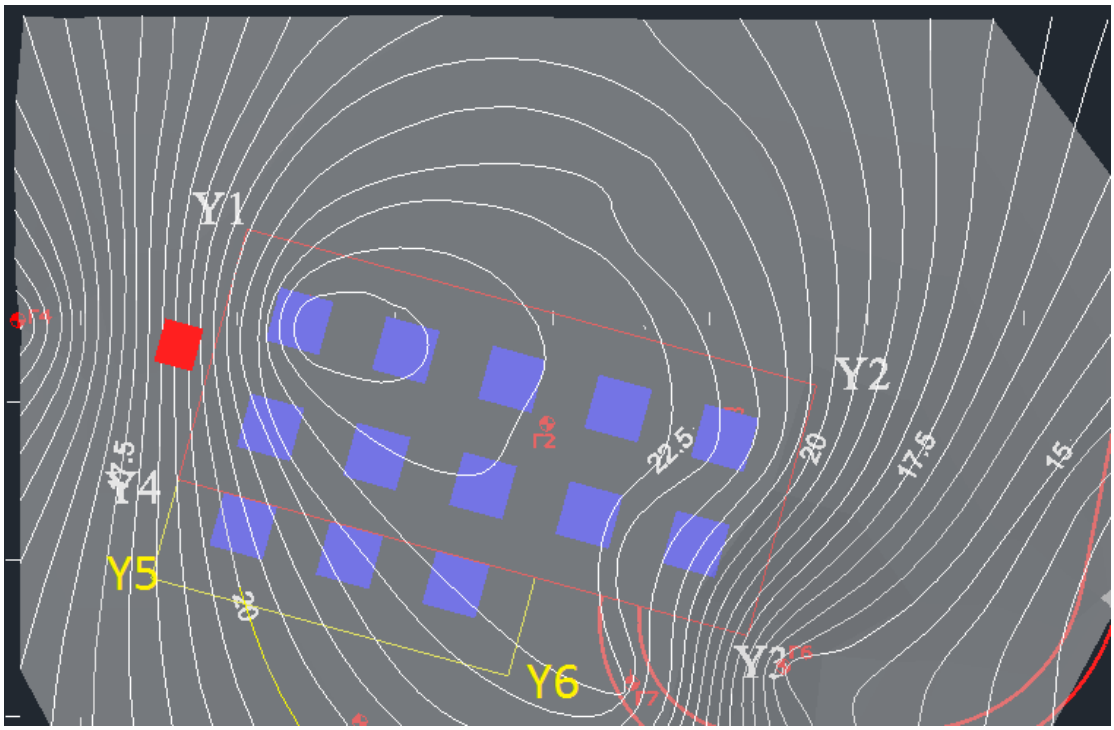


Σχήμα 4.2 Κάτοψη της Α΄ Επέκταση

Η συγκεκριμένη επέκταση του υπόγειου χώρου βρίσκεται μέσα στον σχηματισμό του Ανώτερου Μαρμάρου, με δάπεδο στα +12m και ύψος (5,5m) που φτάνει στο επίπεδο των +17,5m. Μετά την εξέταση του τοπογραφικού ανάγλυφου στη θέση που θα πραγματοποιηθεί η επέκταση υπολογίζεται ότι το ύψος των υπερκειμένων κυμαίνεται από 18m έως 23m.

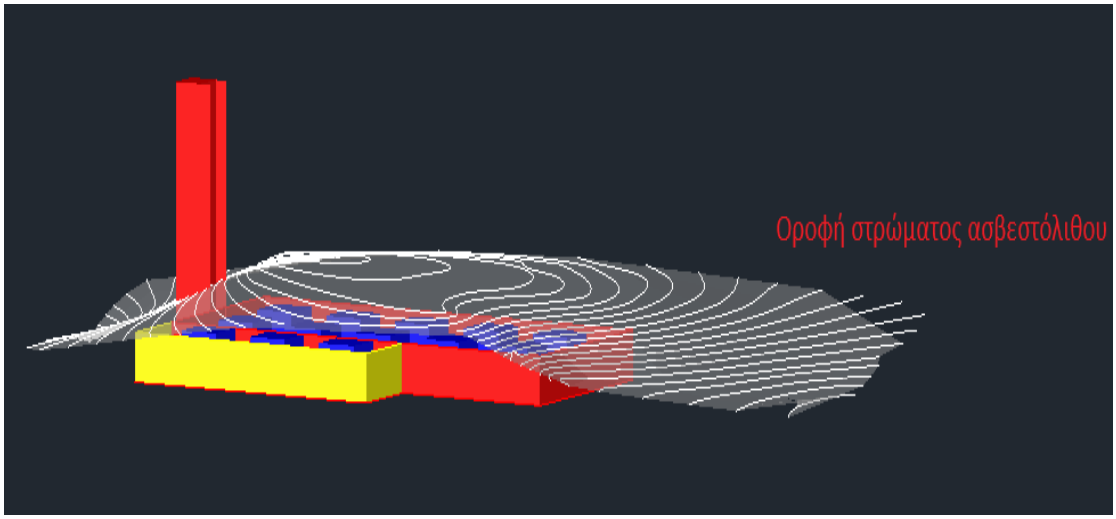
Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε ότι στις γωνίες του ήδη υπάρχοντος έργου Υ4 και Υ3 η οροφή του ασβεστολιθικού στρώματος είναι στα +19m και στα +18m αντίστοιχα. Ενώ στις γωνίες Υ5 και Υ6 της Α΄ Επέκτασης είναι στο επίπεδο των +18,5m +22,5m

περίπου αντίστοιχα (Εικόνα 4.1). Άρα ο υπόγειος χώρος συνεχίζει να βρίσκεται εντός του σχηματισμού του Ανώτερου Μαρμάρου.



Εικόνα 4.1 Κάτοψη της Α΄ Επέκτασης εντός του σχηματισμού του ασβεστόλιθου

Αντίστοιχα, από μια άλλη γωνία διαπιστώνεται η συνέχιση της επέκτασης του υπόγειου χώρου εντός του σχηματισμού του ασβεστόλιθου του «Ανώτερου Μαρμάρου» (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2 Τρισδιάστατη όψη της Α΄ Επέκτασης εντός του σχηματισμού του ασβεστόλιθου

Με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις ελάχιστες απαιτήσεις ο υπόγειος χώρος θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η ωφέλιμη έκταση του χώρου υπολογίζεται στα 464 , ενώ οι στύλοι έχουν συνολικό εμβαδόν 147 .
- Το πλάτος του θαλάμου θα είναι 7m, ενώ το μικρότερο άνοιγμα (απόσταση στύλου από παρειές) θα είναι 6m
- Το μέγιστο ύψος του χώρου θα είναι 5,5m ενώ ο λόγος W/H υπολογίζεται σε 7/5,5=1,27

4.4.1 Γεωμηχανικά στοιχεία περιοχής κατασκευής Α΄ Επέκτασης

Για την περιοχή που θα πραγματοποιηθεί η Α΄ Επέκταση δίνονται τα εξής γεωλογικά στοιχεία, σύμφωνα και με τις γεωτρήσεις Γ4 και Γ7:

- **Γεώτρηση Γ4**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-1,8m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
1,8m-26,9m	Ασβεστόλιθος του τεκτονικού καλύμματος ανοικτότεφρου χρώματος κατά θέσεις οξειδωμένος και με μικροκάρστ
26,9m-34m	Ασβεστόλιθος «Ανώτερου Μαρμάρου» ανοικτότεφρου χρώματος
34m-35,2m	Ασβεστόλιθος «Ανώτερου Μαρμάρου» λευκού χρώματος

- **Γεώτρηση Γ7**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-3,00m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
3,00m-9,00m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης με ενδιαστρώσεις αγκεριτιωμένου ασβεστόλιθου
9,00m-18,3m	Γραφιτικός σχιστόλιθος του τεκτονικού καλύμματος με χαλαζία και κατά θέσεις αργιλοποιημένος
18,3m-18,8m	Τεκτονική επαφή ασβεστόλιθου - σχιστόλιθου
18,8m-37,5m	Ασβεστόλιθος του «Ανώτερου Μαρμάρου» με ασβεστίτη και μικροκάρστ

Σύμφωνα με αυτές τις γεωτρήσεις, υπολογίζονται τα αντίστοιχα RMR. Η συγκεκριμένη Γεωτεχνική ταξινόμηση θα μας βοηθήσει στον υπολογισμό, σε πρώτη φάση, των μέτρων υποστήριξης του υπόγειου χώρου. Έτσι, δίνονται τα εξής αποτελέσματα:

- **Γεώτρηση Γ4**

ΘΕΣΗ :	**Γεώτρηση Γ4**
ΒΑΘΟΣ:	**28,1 m – 30 m**
ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜ:	**+23m- +7 m**
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ:	**Ασβεστόλιθος Ανώτερου Μαρμάρου**

Παράμετροι ταξινόμησης	**Τιμή**	**Βαθμολογία**
1. ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	50 - 100 MPa	7
2. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ (RQD)	75 – 90 %	17
3. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	0,2-0,5 m	10
4. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		10-20
4.1. ΜΗΚΟΣ	1 - 3 m	4
4.2. ΑΝΟΙΓΜΑ	0,1 – 1 mm 1 - 5 mm	1 έως 4
4.3. ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	Λεία	1-3
4.4. ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	Κενές	6
4.5. ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	Ελαφρά Μέτρια	3-6
5. ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	Στεγνό	15
Τιμή RMR		57 έως 69
6. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	Μέτριος	-5
ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (Διορθωμένο RMR)		**54 - 64**

Πίνακας 4.1 Γεωτεχνική ταξινόμηση βραχόμαζας του σχηματισμού της τεκτονικής επαφής ασβεστόλιθου Ανώτερου Μαρμάρου στη γεώτρηση Γ4

- **Γεώτρηση Γ7**

ΘΕΣΗ :	**Γεώτρηση Γ7**	
ΒΑΘΟΣ:	**18,9 m – 18,6 m**	
ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜ:	**+23m- +7 m**	
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ:	**Ασβεστόλιθος Ανώτερου Μαρμάρου**	
Παράμετροι ταξινόμησης	**Τιμή**	**Βαθμολογία**
1. ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	50 - 100 MPa	7
2. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ (RQD)	75 – 90 %	17
3. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	0,3-0,12 m	8 έως 10
4. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		
4.1. ΜΗΚΟΣ	1 - 3 m	4
4.2. ΑΝΟΙΓΜΑ	0,1 – 1 mm 1 - 5 mm	1 έως 4
4.3. ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	Μέτρια έως λεία	1-3
4.4. ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	Κενές,άργιλος	2
4.5. ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	Ελαφρά Μέτρια	3 έως 6
5. ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	Στεγνό	15
Τιμή RMR		57 έως 69
6. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	Μέτριος	-5
ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (Διορθωμένο RMR)		**52 - 64**

Πίνακας 4.2 Γεωτεχνική ταξινόμηση βραχόμαζας του σχηματισμού της τεκτονικής επαφής ασβεστόλιθου Ανώτερου Μαρμάρου στη γεώτρηση Γ7

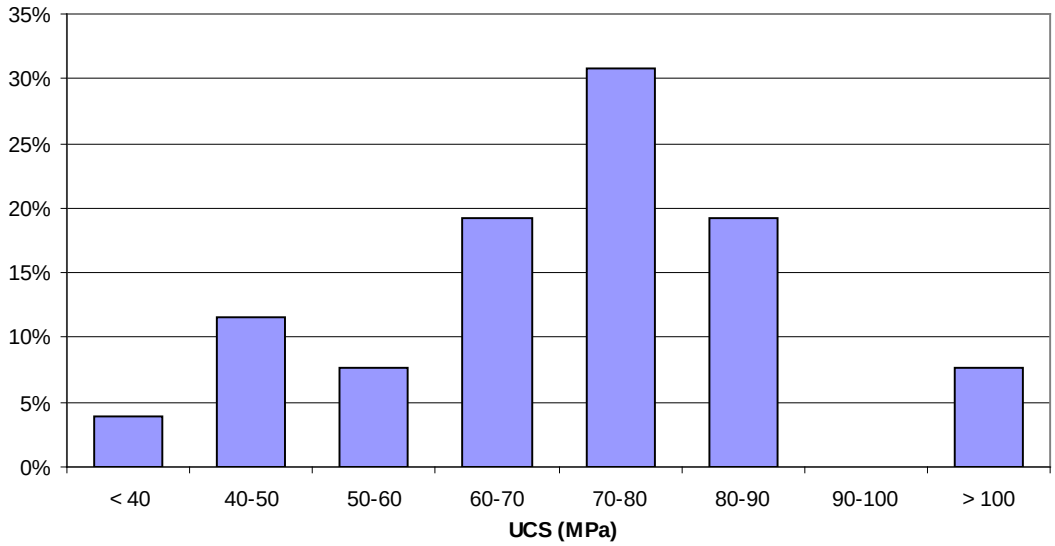
Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω (Πίνακες 4.1 και 4.2) και με βάση τον Πίνακα 4.3 η βραχομάζα στην συγκεκριμένη θέση κατασκευής της Α΄ Επέκτασης κατατάσσεται στην κατηγορία ΙΙΙ, μέτριας ποιότητας βραχομάζα με RMR 41-60.

Πίνακας 4.3 Οδηγίες για εκσκαφή και υποστήριξη σήραγγας σε βραχώδη σχηματισμούς ανοίγματος 10m σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης RMR (Bieniawski, 1989)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΗΛΩΣΕΙΣ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ 20 ΜΜ ΠΛΗΡΗΣ ΕΝΕΜΑΤΩΣΗ)	ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
I: Πολύς καλής ποιότητας βραχομάζα RMR: 81 - 100	Ολομέτωπη (full face), με 3m προχώρηση	Γενικά δεν χρειάζεται υποστήριξη παρά μόνο μερικές ηλώσεις τοπικά	-	-
II: Καλής ποιότητας βραχομάζα RMR: 61 - 80	Ολομέτωπη (full face), με 1 - 1,5m προχώρηση. Πλήρης υποστήριξη 20m από το μέτωπο.	Ηλώσεις τοπικά στον θόλο, 3m μήκους και ανά 2,5m, με χρήση πλέγματος κατά θέσεις	50mm σε θέσεις του θόλου όπου απαιτείται	Κανένα
III: Μέτριας ποιότητας βραχομάζα RMR: 41 - 60	Τμηματική διάνοιξη (Top heading and bench), με 1,5 – 3m προχώρηση στην άνω ημιδιατομή. Έναρξη υποστήριξης μετά από κάθε έκρηξη και πλήρης υποστήριξη 10m από το μέτωπο	Συστηματικές ηλώσεις 4m, ανά 1.5 – 2m στο θόλο και στις παρειές, καθώς και χρήση πλέγματος στο θόλο	100 -150mm στο θόλο και 30mm στις παρειές	Κανένα
IV: Πτωχή ποιότητας βραχομάζα RMR: 21 - 40	Τμηματική διάνοιξη (Top heading and bench), με 1 – 1,5m προχώρηση στην άνω ημιδιατομή. Εγκατάσταση υποστήριξης ταυτόχρονα με την εκσκαφή, 10m από το μέτωπο	Συστηματικές ηλώσεις 4 - 5m, ανά 1 – 1,5m στο θόλο και στις παρειές με πλέγμα.	100 -150mm στο θόλο και 100mm στις παρειές	Ελαφρά έως μεσαία πλαίσια ανά 1,5m όπου απαιτείται

4.4.2 Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας στύλων

Ο υπολογισμός του συντελεστή ασφαλείας για τους στύλους του υφιστάμενου συγκροτήματος πραγματοποιήθηκε με βάση τις γεωτεχνικές ιδιότητες του σχηματισμού του Ανώτερου Μαρμάρου. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε ως μέση τιμή αντοχής σε μονοαξονική θλίψη του πετρώματος ( ) η τιμή των 70 MPa (Εικόνα 4.3). Αντίστοιχα, ως μέση τιμή εφελκυστικής αντοχής ( ) επιλέχθηκε η τιμή των 5,2 MPa.



Εικόνα 4.3 Σχετική συχνότητα τιμών αντοχής σε μονοαξονική θλίψη του ασβεστόλιθου Ανώτερου Μαρμάρου

Στην πρώτη όμως επέκταση και σύμφωνα με τα γεωτεχνικά στοιχεία από τις γεωτρήσεις Γ4 και Γ7 και σύμφωνα με τα παρακάτω αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών στις αντίστοιχες γεωτρήσεις (Πίνακας 4.4 και Πίνακας 4.5, για τον Πίνακα 4.4 δεν υπάρχουν δεδομένα όπως φαίνεται, άρα θα χρησιμοποιηθεί μόνο τον Πίνακα 4.5), θα επιλεχτεί ως μέση τιμή σ_c την τιμή των 83 MPa και αντίστοιχα ως μέση τιμή σ_t την τιμή των 5,6 MPa.

Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών στην Γ4

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ (m)	ΒΑΘΟΣ ΕΩΣ (m)	σ_c (MPa)	σ_t (MPa)	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
Γ4	28,1	28,5	-	-	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ4	28,9	29,1	-	-	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ4	29,8	30	-	-	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου

Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών στην Γ7

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ (m)	ΒΑΘΟΣ ΕΩΣ (m)	σ_c (MPa)	σ_t (MPa)	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
Γ7	18,9	19,1	69,59		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	20,2	20,4		5,023	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	21,3	21,6		5,522	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	23,2	24	74,00		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	25,8	27	116,63		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	27	27,8		4,849	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	27,9	28,1	104,71		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	28,8	29,1		6,350	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	30	30,2	50,56		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ7	33,7	34	82,94	6,082	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου

Για τον προσδιορισμό της μονοαξονικής αντοχής σε θλίψη δοκιμίου του πετρώματος ( ) θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν για την δημιουργία του ήδη υπάρχοντος έργου. Συγκεκριμένα, η τιμή του , λαμβάνοντας υπ'όψην ότι ο συντελεστής απομείωσης της αντοχής του άρρηκτου πετρώματος ( ) μπορεί να κυμαίνεται από 1/3 έως 2/3. Επιλέγοντας λοιπόν τιμές ίσες με 1/2 , υπολογίζεται ότι:

Πιο αναλυτικά υπολογίζεται ότι:

- Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη δοκιμίου του πετρώματος τετραγωνικής διατομής
- Μέσο ειδικό βάρος υπερκειμένων γ = 26,1
- Αντοχή πετρώματος σε εφελκυσμό
- Μέσο πάχος στρώσης t = 1,2 m

Στις λιθοστατικές τάσεις διακρίνονται η κατακόρυφη τάση και η οριζόντια τάση. Η κατακόρυφη τάση ( ) δίνεται από την σχέση:

Όπου: γ: το ειδικό βάρος του υπερκείμενου πετρώματος

: κατακόρυφη τάση

Η: το βάθος από την επιφάνεια του εδάφους

Έτσι σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση υπολογίζεται ότι:

Σύμφωνα με την εξίσωση 4.4 υπολογίζεται ότι:

Για τον υπολογισμό της αντοχής του στύλου σε θλίψη ( ) χρησιμοποιείται ο τύπος των Obert & Duvall.Σύμφωνα λοιπόν με την εξίσωση 4.5 υπολογίζεται ότι:

Έτσι σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς ο συντελεστής ασφαλείας θα είναι:

Προκύπτει λοιπόν ένας αρκετά υψηλός συντελεστής ασφαλείας ο οποίος έχει υπολογιστεί με το μέγιστο ύψος υπερκειμένων, με το μέγιστο ύψος του χώρου αλλά και με το μέγιστο εμβαδόν της συνεισφέρουσας επιφάνειας. Χρησιμοποιώντας όμως και τις πιο συντηρητικές τιμές, τόσο στο (να πάρει τιμές 50,56 MPa σύμφωνα με τον Πίνακα 4.5) όσο και από πλευράς συντελεστή απομείωσης (ίσο με 66%) τότε προκύπτει:

$$>4$$

Άρα ακόμα και με τις πλέον συντηρητικές τιμές ο συντελεστής ασφαλείας υπολογίζεται μεγαλύτερος από 4.

Ένας άλλος τρόπος να υπολογισθεί η αντοχή του στύλου είναι υπολογίζοντας την αντοχή της βραχομάζας σύμφωνα με το κριτήριο αστοχίας Hoek-Brown:

Όπου: : μέγιστη κύρια τάση κατά την θραύση

: ελάχιστη κύρια τάση κατά την θραύση

: μονοαξονική (ανεμπόδιστη) θλιπτική αντοχή του άρρηκτου πετρώματος

: σταθερά υλικού για άρρηκτο πέτρωμα

Σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες (4.6 και 4.7) δίνονται τα εξής : mi=9 , GSI=50 και =83 MPa. Έτσι υπολογίζεται ότι:

Εξετάζοντας την πλευρική επιφάνεια του στύλου θεωρούμε σ_3=0, οπότε σύμφωνα με το κριτήριο Hoek-Brown δίνεται το εξής αποτέλεσμα:

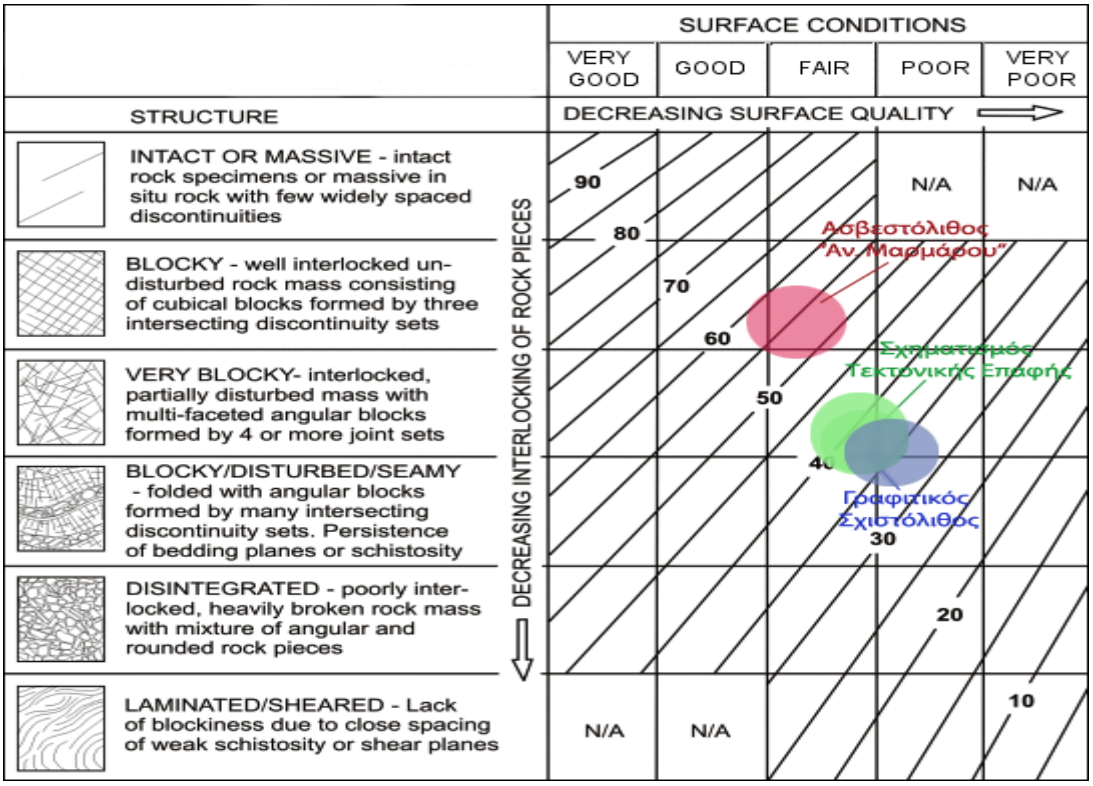
όπου σ_1: μέγιστη κατακόρυφη τάση

Για τους αντίστοιχους υπολογισμούς για το κεντρικό τμήμα του στύλου χρησιμοποιούνται οι πλευρικές τάσεις που υπολογίζονται σύμφωνα με τον τύπο σ_3/σ_1.Ο συγκεκριμένος λόγος υπολογίζεται με βάση την εξίσωση των Lunder & Pakalnis (1997), η οποία περιγράφει τις συνθήκες πλευρικής πίεσης στο στύλο με βάση τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά (W_p,H_p). Όπου για W_p=7m και H_p=5,5m υπολογίζεται ότι:

Αντικαθιστώντας τον παραπάνω λόγο στην εξίσωση Hoek-Brown προκύπτει ότι: σ_1=18,65MPa. Έτσι, και ενώ έχει υπολογιστεί και η μέση τάση που αναπτύσσεται στους στύλους ίση με υπολογίζονται και οι συντελεστές ασφαλείας στην παρειά και στο κεντρικό τμήμα του στύλου σύμφωνα με την εξής εξίσωση:

Οι παραπάνω συντελεστές δείχνουν την σημαντική επίδραση της πλευρικής πίεσης στην αντοχή του στύλου. Ωστόσο τα αποτελέσματα αυτά δεν είναι τελειωτικά καθώς αφού ο συντελεστής ασφαλείας στις παρειές παίρνει τιμές μεγαλύτερες της μονάδας τότε και ο συντελεστής ασφαλείας στον πυρήνα του στύλου θα παίρνει σαφώς μεγαλύτερες τιμές.

Πίνακας 4.6 Υπολογισμός GSI



Πίνακας 4.7 Τιμές υλικού για άρρηκτο πέτρωμα

Τύπος		Ομάδα	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			
			Χονδρή	Μέση	Λεπτή	Πολύ λεπτή
ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ	Κλαστικό		Κροκαλοπαγή * Λατυποπαγή *	Ψαμμίτες 17 ± 4	Ιλυόλιθοι 7 ± 2 Γραουβάκες (18 ± 3)	Αργιλόλιθοι 4 ± 2 Αργ.σχιστόλιθοι (6 ± 2) Μάργες (7 ± 2)
	Μη κλαστικό	Ανθρακικά	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι (12 ± 3)	Σπαριτικοί Ασβεστόλιθοι (10 ± 2)	Μικριτικοί Ασβεστόλιθοι (9 ± 2)	Δολομίτες (9 ± 3)
		Εβαπορίτες		Γύψος 8 ± 2	Ανυδρίτης 12 ± 2	
		Οργανικά				Κρητίς 7 ± 2
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ	Μη πτυχωμένα		Μάρμαρο 9 ± 3	Κερατόλιθοι (19 ± 4) Μεταψαμμίτες (19 ± 3)	Χαλαζίτες 20 ± 3	
	Ελαφρά πτυχωμένα		Μιγματίτες (29 ± 3)	Αμφιβολίτες 26 ± 6	Γνεύσιοι 28 ± 5	
	Πτυχωμένα**			Σχιστόλιθοι 12 ± 3	Φυλλίτες (7 ± 3)	Σχίστες 7 ± 4
ΠΥΡΙΓΕΝΗ	Πλουτώνια	Ανοικτό-χρωμα	Γρανίτης 32 ± 3	Διορίτης 25 ± 5 Γρανοδιορίτης (29 ± 3)		
		Σκοτεινό-χρωμα	Γάββρος 27 ± 3 Νορίτης 20 ± 5	Δολερίτης (16 ± 5)		
	Υποαβυσσικά		Πορφύρης (20 ± 5)		Διαβάσης (15 ± 5)	Περιδοτίτης (25 ± 5)
	Ηφαιστειακά	Λάβα		Ρυόλιθος (25 ± 5) Ανδεσίτης 25 ± 5	Δακίτης (25 ± 3) Βασάλτης (25 ± 5)	
		Πυροκλαστικά	Κροκαλοπαγή (19 ± 3)	Ηφ.Λατυποπαγή (19 ± 5)	Τόφφοι (13 ± 5)	

4.4.3 Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας θαλάμων

Σύμφωνα με την εξίσωση 4.6 υπολογίζουμε ότι:

Όπου : = 5,6 MPa

γ= 26,1 kN/

t= 1,2m

L= 7m

Σύμφωνα με τα συγκεκριμένα αποτελέσματα ο προτεινόμενος σχεδιασμός ικανοποιεί τις προδιαγραφές που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

4.4.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της προτεινόμενης θέσης κατασκευής της Α΄ Επέκτασης

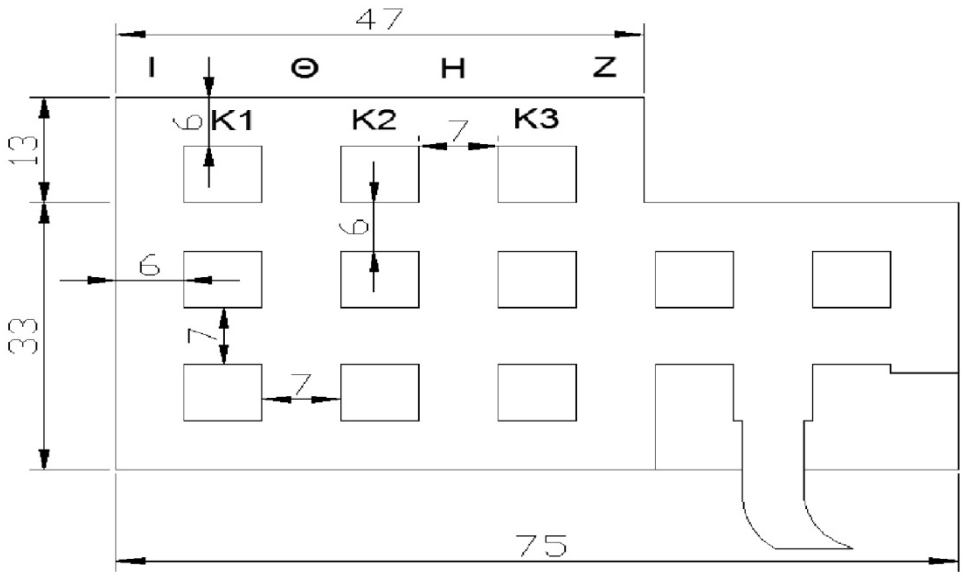
Κατασκευαστικά, στην συγκεκριμένη θέση δεν αναμένεται να αντιμετωπιστεί καμία δυσκολία καθώς τα στοιχεία που υπάρχουν για την συγκεκριμένη περιοχή είναι ικανοποιητικά, αφού με τα συγκεκριμένα στοιχεία έχει ήδη κατασκευαστεί το υφιστάμενο υπόγειο έργο. Μεγάλο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης θέσης είναι η αύξηση του συντελεστή ασφαλείας των θαλάμων και των στύλων σε σχέση με τους αντίστοιχους συντελεστές του υφιστάμενου υπόγειου έργου, εξαιτίας της μείωσης του ύψους των υπερκειμένων σε συνδυασμό με το συμπαγές πέτρωμα (ασβεστόλιθος Ανώτερου Μαρμάρου).

Ωστόσο, θα πρέπει να δοθεί η δέοντα προσοχή στη νοτιοανατολική πλευρά της συγκεκριμένης κατασκευής, καθώς στο συγκεκριμένο σημείο υπάρχει ρήγμα, που είχε ως αποτέλεσμα να μην μπορέσει να διανοιχτεί ένα κομμάτι του υφιστάμενου υπόγειου χώρου στο νοτιοανατολικό του τμήμα. Τέλος, προσοχή χρειάζεται να δοθεί και κατά την χρησιμοποίηση των εκρηκτικών, καθώς ο υπόγειος χώρος βρίσκεται αρκετά κοντά

σε ευπαθή κτίρια του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου τα οποία έχουν κριθεί διατηρητέα.

4.5 Β΄ Επέκταση

Η δεύτερη επέκταση του ήδη υπάρχοντος έργου προτείνεται να πραγματοποιηθεί στο βορειοανατολικό τμήμα του χώρου και θα έχει και αυτή ωφέλιμο χώρο με εμβαδόν 464 , καθώς είναι αντικατοπτρική εικόνα της Α΄ Επέκτασης. Για την κατασκευή του χώρου θα επιλεχθούν και εδώ στύλοι τετραγωνικής διατομής με πλάτος
και θάλαμοι με πλάτος επίσης. Οι στύλοι δομούνται σε μία σειρά ενώ οι αποστάσεις τους από τις παρειές του χώρου θα είναι 6m (Σχήμα 4.3). Το μέγιστο ύψος του χώρου θα είναι 5,5m και θα έχει αψιδωτή διατομή με ωφέλιμο ύψος 4,5m.

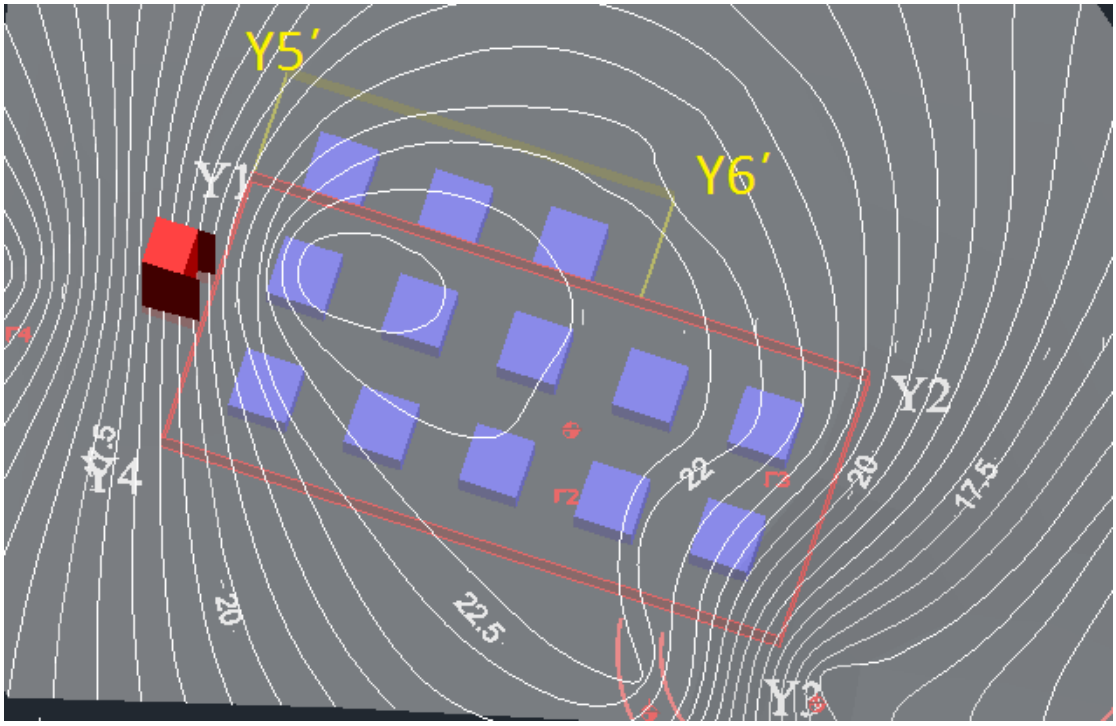


Σχήμα 4.3 Κάτοψη Β΄ Επέκτασης

Η συγκεκριμένη επέκταση του υπόγειου χώρου βρίσκεται μέσα στον σχηματισμό του Ανώτερου Μαρμάρου, με δάπεδο στα +12m και ύψος (5,5m) που φτάνει στο επίπεδο των +17,5m.Μετά την εξέταση του τοπογραφικού ανάγλυφου στη θέση που θα

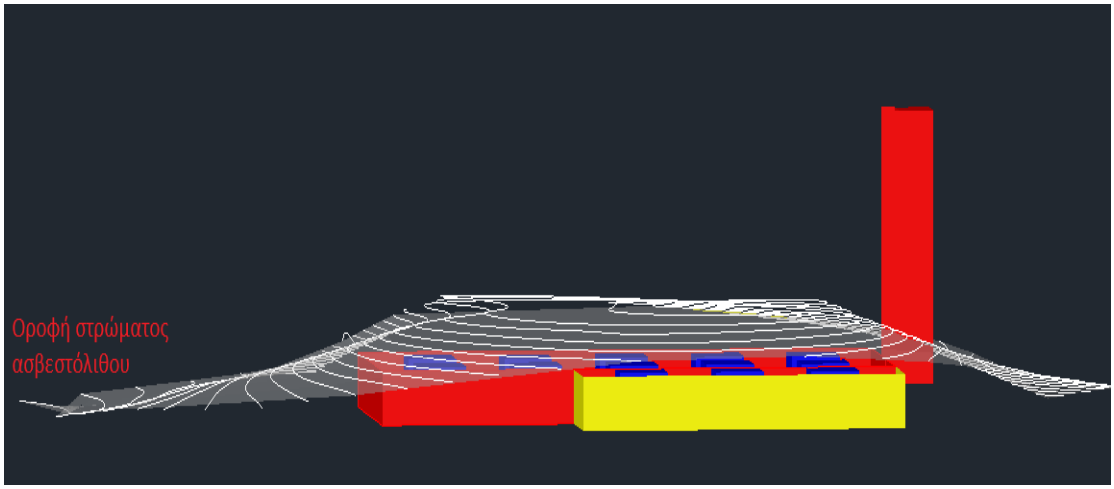
πραγματοποιηθεί η επέκταση υπολογίζεται ότι το ύψος των υπερκειμένων κυμαίνεται από 22,3m έως 27m.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την παρακάτω κάτοψη του υπόγειου χώρου (Εικόνα 4.6), οι γωνίες Υ1 και Υ2 του ήδη υπάρχοντος έργου, δηλαδή οι γωνίες της οροφής του ασβεστολιθικού στρώματος, είναι αντίστοιχα στα +21m και στα +22,5m. Αντίστοιχα, στις γωνίες Υ5΄και Υ6΄ και της επέκτασης, η οροφή του ασβεστόλιθου είναι στο επίπεδο των +20,5m +22m, περίπου, αντίστοιχα (Εικόνα 4.4). Άρα, η προτεινόμενη επέκταση συνεχίζει να βρίσκεται εντός του σχηματισμού του «Ανώτερου Μαρμάρου».



Εικόνα 4.4 Κάτοψη της Β΄ Επέκτασης εντός του σχηματισμού του ασβεστόλιθου

Από μια άλλη γωνία μπορεί να διαπιστωθεί η συνέχιση της επέκτασης του υπόγειου χώρου εντός του σχηματισμού του ασβεστόλιθου του «Ανώτερου Μαρμάρου» (Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.5 Τρισδιάστατη προβολή της Β΄ Επέκτασης η οποία όπως παρατηρείται βρίσκεται εντός του σχηματισμού του ασβεστόλιθου

Με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις ελάχιστες απαιτήσεις δίνονται και στην Β΄ Επέκταση τα εξής στοιχεία:

- Η ωφέλιμη έκταση του χώρου υπολογίζεται στα 464 , ενώ οι στύλοι έχουν συνολικό εμβαδόν 147 .
- Το πλάτος του θαλάμου θα είναι 7m, ενώ το μικρότερο άνοιγμα (απόσταση στύλου από παρειές) θα είναι 6m
- Το μέγιστο ύψος του χώρου θα είναι 5,5m ενώ ο λόγος W/H υπολογίζεται σε 7/5,5=1,27

Η επιλογή της τετραγωνικής διάταξης πραγματοποιήθηκε στην Β΄ προτεινόμενη επέκταση με τα ίδια κριτήρια που ίσχυσαν και στην Α΄ προτεινόμενη επέκταση.

4.5.1 Γεωλογικά στοιχεία περιοχής κατασκευής Β΄ Επέκτασης

Στην περιοχή που θα πραγματοποιηθεί η Β΄ Επέκταση υπάρχουν τα εξής γεωλογικά στοιχεία, σύμφωνα και με τις γεωτρήσεις Γ1 και Γ2:

- **Γεώτρηση 1 (Βάθος 42,20m)**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-3,5m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
3,5m-11,45m	Κερματισμένος και αποσαθρωμένος, κατά θέσεις αργιλοποιημένος, καστανοπράσινος φυλλίτης του τεκτονικού καλύμματος, κατά θέσεις με χαλαζία
11.45m-13,5m	Κερματισμένος και αργιλοποιημένος, σκούρος τεφρός γραφιτικός σχιστόλιθος με χαλαζία του τεκτονικού καλύμματος
13,5m-22,3m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης με ενδιαστρώσεις οξειδωμένου ασβεστόλιθου, κατά θέσεις με μικροκάρστ
22,3m-42,2m	ασβεστόλιθος του ανώτερου μαρμάρου, ανοικτότεφρου χρώματος, κατά θέσεις με οξείδια και μικροκάρστ

- **Γεώτρηση 2 (Βάθος 45,80)m**

Βάθος (m)	Στρώμα
0,00m-2,00m	Άργιλος καστανού χρώματος με χάλικες
2,00m-16,3m	Πρασινοσχιστόλιθος-φυλλίτης του τεκτονικού καλύμματος με ενδιαστρώσεις αγκεριτιωμένου ασβεστόλιθου
16,3m-27,00m	Γραφιτικός σχιστόλιθος με χαλαζία κατά θέσεις αργιλοποιημένος με ενδιαστρώσεις ασβεστολίθου
27m-45,80m	ασβεστόλιθος του ανώτερου μαρμάρου, ανοικτότεφρου χρώματος, κατά θέσεις με οξείδια και μικροκάρστ

Σύμφωνα με αυτές τις γεωτρήσεις, υπολογίζονται οι αντίστοιχες τιμές του RMR. Η συγκεκριμένη Γεωτεχνική ταξινόμηση υποβοηθάει στον υπολογισμό των μέτρων υποστήριξης της Β΄ προτεινόμενης επέκτασης του υπόγειου χώρου. Έτσι, δίνονται τα εξής αποτελέσματα:

- **Γεώτρηση 1**

ΘΕΣΗ :	**Γεώτρηση Γ1**
ΒΑΘΟΣ:	**22,30 m – 34,20 m**
ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜ:	**+23,90 m- +12,00 m**
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ:	**Ασβεστόλιθος Ανώτερου Μαρμάρου**

Παράμετροι ταξινόμησης	**Τιμή**	**Βαθμολογία**
1. ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	50 - 100 MPa	7
2. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ (RQD)	75 – 90 %	17
3. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	0,06 – 0,2 m 0,2 – 0,6 m	8 έως 10
4. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		
4.1. ΜΗΚΟΣ	1 - 3 m	4
4.2. ΑΝΟΙΓΜΑ	0,1 – 1 mm 1 - 5 mm	1 έως 4
4.3. ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	Λείες	1
4.4. ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	Κενές	6
4.5. ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	Ελαφρά Μέτρια	3 έως 6
5. ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	Στεγνό	15
Τιμή RMR		62 έως 70
6. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	Μέτριος	-5
ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (Διορθωμένο RMR)		**57 - 65**

Πίνακας 4.8 Γεωτεχνική ταξινόμηση βραχόμαζας του σχηματισμού της τεκτονικής επαφής ασβεστόλιθου του Ανώτερου Μαρμάρου στη γεώτρηση Γ1

- **Γεώτρηση 2**

ΘΕΣΗ :	**Γεώτρηση Γ2**
ΒΑΘΟΣ:	**27,00 m – 37,80 m**
ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜ:	**+22,80 m- +12,00 m**
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ:	**Ασβεστόλιθος Ανώτερου Μαρμάρου**

Παράμετροι ταξινόμησης	**Τιμή**	**Βαθμολογία**
1. ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	50 - 100 MPa	7
2. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ (RQD)	75 – 90 % 90 – 100 %	17 έως 20
3. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	0,06 – 0,2 m 0,2 – 0,6 m	8 έως 10
4. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ		
4.1. ΜΗΚΟΣ	1 - 3 m	4
4.2. ΑΝΟΙΓΜΑ	1 - 5 mm	1
4.3. ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	Λείες Ελαφρά Τραχείες	1 έως 3
4.4. ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	Κενές Αργιλικό υλικό <5mm	2 έως 6
4.5. ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	Ελαφρά Μέτρια	3 έως 6
5. ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	Στεγνό	15
Τιμή RMR		58 έως 72
6. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	Μέτριος	-5
ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (Διορθωμένο RMR)		**53 - 67**

Πίνακας 4.9 Γεωτεχνική ταξινόμηση βραχόμαζας του σχηματισμού της τεκτονικής επαφής ασβεστόλιθου του Ανώτερου Μαρμάρου στη γεώτρηση Γ2

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω (Πίνακες 4.8 και 4.9) και με βάση τον Πίνακα 4.3 η βραχομάζα στην συγκεκριμένη θέση κατασκευής της Α΄ Επέκτασης κατατάσσεται στην κατηγορία ΙΙΙ, μέτριας ποιότητας βραχομάζα με τιμές RMR 41-60, με κύρια τιμή RMR=50.

4.5.2 Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας στύλων

Και σ' αυτόν τον σχεδιασμό θα χρησιμοποιηθεί το ίδιο τυπολόγιο με την προηγούμενη επέκταση με βάση τους τύπους των Obert & Duvall. Ως μέση τιμή αντοχής σε μονοαξονική θλίψη του πετρώματος ( ) η τιμή των 68 MPa και αντίστοιχα ως μέση τιμή εφελκυστικής αντοχής ( ) επιλέγεται η τιμή των 5,4 MPa. Οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν σύμφωνα με τις γεωτεχνικές ιδιότητες που έχουν υπολογιστεί από τα αποτελέσματα των δοκιμών των γεωτρήσεων Γ1 και Γ2 (Πίνακας 4.10 και Πίνακας 4.11). Τέλος, το μέσο ειδικό βάρος υπερκειμένων (γ) είναι 26,1 KN/ m^3 καθώς και το πάχος στρώσης είναι 1,2m.

Έτσι, δίνονται τα εξής δεδομένα:

- Πλάτος θαλάμου: 7m
- Ύψος χώρου: 5,5m
- H: 27m
- W/H: 1,27
- Πλάτος στύλου: 7m
- : 5,4MPa
- : 68MPa
- : 34MPa
- γ = 26,1 kN/
- t= 1,2m

Πίνακας 4.10 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών στην γεώτρηση Γ1

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ (m)	ΒΑΘΟΣ ΕΩΣ (m)	σ_c (MPa)	σ_t (MPa)	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
Γ1	22,8	22,9		4,475	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ1	24,4	24,6	74,86		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ1	26	26,6	88,77	5,205	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ1	32,4	32,9	64,45	5,738	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ1	34,4	34,6	80,10		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ1	35,1	35,8	49,61		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ1	36	36,1		5,514	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου

Πίνακας 4.11 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών στην γεώτρηση Γ2

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ (m)	ΒΑΘΟΣ ΕΩΣ (m)	σ_c (MPa)	σ_t (MPa)	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
Γ2	28,7	28,9	75,67		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ2	30,5	31,6	72,53	5,159	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ2	32,6	33,8	84,05	6,505	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ2	34,6	35,6	56,55	5,866	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ2	36,3	37,25	39,20		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ2	38,8	38,9		4,708	Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου
Γ2	40,7	40,9	62,90		Ασβ. Ανώτερου Μαρμάρου

Σύμφωνα με τους προηγούμενους τύπους δίνονται τα εξής αποτελέσματα:

- **Τάση σε στύλο** : —

- **Αντοχή στύλου** : —

- **Συντελεστής ασφαλείας** : — —— **>4**

Προκύπτει και σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν ένας αρκετά υψηλός συντελεστής ασφαλείας.

Χρησιμοποιώντας όμως και τις πιο συντηρητικές τιμές, τόσο στο (να πάρει τιμές 39,20 MPa, Πίνακας 4.11) όσο και από πλευράς συντελεστή απομείωσης (ίσο με 66%) τότε δίνονται τα εξής αποτελέσματα:

—

— —— >4

Άρα ακόμα και με τις πλέον συντηρητικές τιμές ο συντελεστής ασφαλείας και στην Β΄ Επέκταση υπολογίζεται μεγαλύτερος από 4.

Και στην δεύτερη επέκταση χρησιμοποιείται το κριτήριο βραχομάζας Hoek-Brown που χρησιμοποιήθηκε και στην πρώτη επέκταση. Τα αποτελέσματα θα είναι τα εξής:

—

Όπου: : μέγιστη κύρια τάση κατά την θραύση

: ελάχιστη κύρια τάση κατά την θραύση

: μονοαξονική (ανεμπόδιστη) θλιπτική αντοχή του άρρηκτου πετρώματος

: σταθερά υλικού για άρρηκτο πέτρωμα

Σύμφωνα με τους πίνακες (4.6 και 4.7) υπολογίζονται : mi=9 , GSI=50 και =68 MPa. Έτσι, οι υπολογισμοί γίνονται:

Εξετάζοντας την πλευρική επιφάνεια του στύλου θεωρούμε σ_3=0, οπότε σύμφωνα με το κριτήριο Hoek-Brown τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

όπου σ_1:μέγιστη κατακόρυφη τάση

Για τους αντίστοιχους υπολογισμούς για το κεντρικό τμήμα του στύλου χρησιμοποιούνται οι πλευρικές τάσεις που υπολογίζονται σύμφωνα με τον τύπο σ_3/σ_1. Ο συγκεκριμένος λόγος υπολογίζεται με βάση την εξίσωση των Lunder & Palkanis (1997), η οποία περιγράφει τις συνθήκες πλευρικής πίεσης στο στύλο με βάση τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά (W_p,H_p).Όπου για W_p=7m και H_p=5,5m υπολογίζουμε ότι:

Αντικαθιστώντας τον παραπάνω λόγο στην εξίσωση Hoek-Brown προκύπτει ότι: σ_1=15,27MPa. Έτσι, και ενώ έχει υπολογιστεί η μέση τάση που αναπτύσσεται στους στύλους ίση με 2,81MPa, μπορούν να υπολογιστούν και οι συντελεστές ασφαλείας στην παρειά και στο κεντρικό τμήμα του στύλου σύμφωνα με την εξής εξίσωση:

4.5.3 Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας θαλάμων

Και για τον υπολογισμό του συντελεστή ασφαλείας των θαλάμων θα χρησιμοποιηθεί το ίδιο τυπολόγιο με την προηγούμενη επέκταση με βάση τους τύπους των Obert & Duvall. Έτσι, δίνονται τα εξής δεδομένα:

- Πλάτος θαλάμου: 7m
- Ύψος χώρου: 5,5m
- H: 27m
- W/H: 1,27
- Πλάτος στύλου: 7m
- : 5,4MPa
- : 68MPa
- : 34MPa
- γ = 26,1 kN/
- t= 1,2m

Έτσι, σύμφωνα με τους προηγούμενους τύπους και συγκεκριμένα σύμφωνα με την εξίσωση 4.8, ο συντελεστής ασφαλείας των θαλάμων θα είναι:

Και στην Β΄ προτεινόμενη επέκταση, ο συντελεστής ασφαλείας για τους θαλάμους ικανοποιεί τις προδιαγραφές που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

4.5.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της προτεινόμενης θέσης κατασκευής της Β΄ Επέκτασης

Η συγκεκριμένη επέκταση είναι εκτός συνόρων του Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου, σε ξένη ιδιοκτησία, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν γεωτρήσεις στην συγκεκριμένη περιοχή. Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τις ήδη υπάρχουσες γεωτρήσεις, οι οποίες είναι εντός του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου. Με βάση αυτών των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν και όλοι οι υπολογισμοί.

Σύμφωνα λοιπόν με τα συγκεκριμένα γεωλογικά στοιχεία, η συγκεκριμένη επέκταση δεν φαίνεται να αντιμετωπίσει κατασκευαστικά προβλήματα. Ωστόσο, εξαιτίας της έλλειψης περαιτέρω γεωλογικών στοιχείων για την συγκεκριμένη περιοχή, απαιτείται περισσότερη προσοχή για την κατασκευή της συγκεκριμένης επέκτασης

Πέρα από το κατασκευαστικό κομμάτι, δεν μπορεί και νομικά να κατασκευαστεί ο υπόγειος χώρος στην συγκεκριμένη θέση, καθώς, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το εν λόγω οικόπεδο ανήκει σε άλλον ιδιοκτήτη με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η σχετική άδεια προκειμένου να αρχίσουν οι διαδικασίες κατασκευής του.

4.6 Προτεινόμενα Μέτρα Υποστήριξης και για τις δύο επεκτάσεις

Ο σχεδιασμός της υποστήριξης γίνεται σε πρώτη φάση εμπειρικά μέσω της ταξινόμησης κατά Q (Barton et al., 1974, 1994), σύμφωνα με τον οποίο βρίσκονται η αναγκαία πίεση υποστήριξης στον θόλο και τις παρειές του ανοίγματος, το σχέδιο εγκατάστασης των αγκυρίων, καθώς και το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Έτσι, σύμφωνα με την γεωτεχνική ταξινόμηση της βραχομάζας, για την Α΄ Επέκταση με βάση τις γεωτρήσεις Γ4 και Γ7 (Πίνακες 4.1 και 4.2) υπολογίζεται η τιμή του RMR, με βασική τιμή RMR=58, ενώ για την Β΄ Επέκταση με βάση τις γεωτρήσεις Γ1

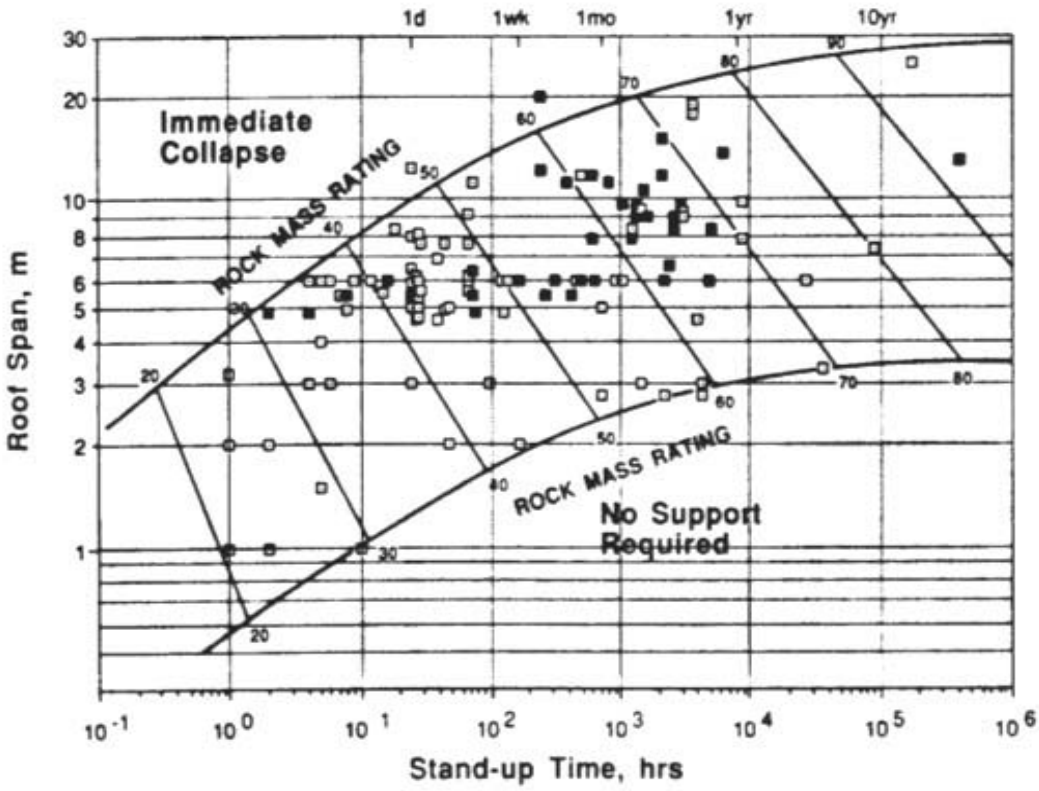
και Γ2 (Πίνακες 4.8 και 4.9) υπολογίζονται οι τιμές του RMR, με βασική τιμή RMR=60.

Με βάση την τιμή RMR, υπολογίζεται έμμεσα ο δείκτης Q σύμφωνα με τον τύπο:

(Beniawski, 1976)

Συγκεκριμένα υπολογίζεται για τον σχηματισμό του ασβεστόλιθου του Ανώτερου Μαρμάρου ότι οι τιμές του Q για την Α΄ Επέκταση κυμαίνονται από 2,43-9,22 με βασική τιμή Q=4,73 η οποία αντιστοιχεί στην τιμή RMR=58. Αντίστοιχα για την Β΄ Επέκταση υπολογίζεται ότι για τον σχηματισμό του ασβεστόλιθου του Ανώτερου Μαρμάρου ότι οι τιμές του Q κυμαίνονται από 2,72-12,45 με βασική τιμή Q=5,92 η οποία αντιστοιχεί στην τιμή RMR=60. Θεωρείται ότι οι τιμές αυτές αντικατοπτρίζουν τις μέσες τιμές ταξινόμησης της βραχομάζας.

Με βάση τις παραπάνω βαθμολογίες (RMR=58/ RMR=60 και Q=4,73/ Q=5,92) μπορούμε να προβλέψουμε την συμπεριφορά του σχηματισμού κατά την διαδικασία εκσκαφής. Θεωρούμε ότι ολόκληρο το τμήμα του έργου θα υλοποιηθεί εντός του σχηματισμού του ασβεστόλιθου του Ανώτερου Μαρμάρου, επομένως για τιμή RMR=58 ή RMR=60 και πλάτος εκσκαφής 7m θεωρείται ότι μπορεί να παραμείνει ανοικτή η εκσκαφή χωρίς υποστήριξη για περισσότερες από 40 ημέρες σύμφωνα και με την Εικόνα 4.6.



Εικόνα 4.6 Εκτίμηση χρόνου αυτοϋποστήριξης εκσκαφής

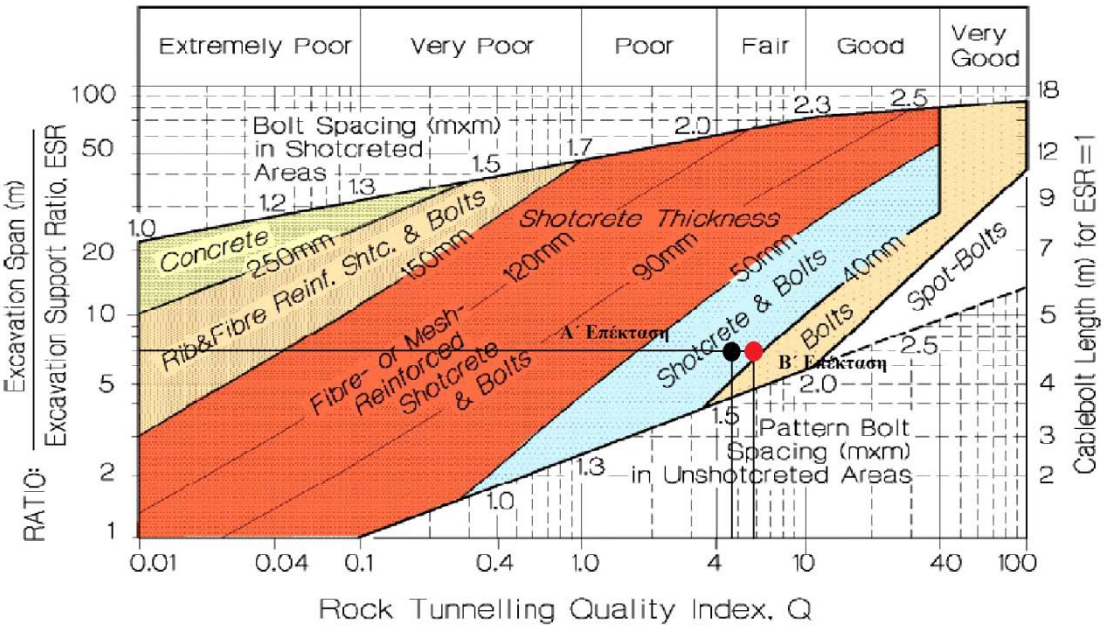
Τέλος επιλέγεται ως τιμή ESR, η οποία σχετίζεται με τον βαθμό σπουδαιότητας του έργου ίση με 1 σύμφωνα με τον Πίνακα 4.12

Πίνακας 4.12 Προτεινόμενες τιμές ESR για κάθε είδος υπόγειου έργου (Barton et al. 1994)

Είδος Εκσκαφής	ESR
Προσωρινά ανοίγματα μεταλλείου	2-5
Μόνιμα ανοίγματα μεταλλείου, σήραγγες νερού για υδροηλεκτρικά έργα, πιλοτικές σήραγγες κ.α.	1,6-1,3
Αποθηκευτικοί θάλαμοι, έργα επεξεργασίας υδάτων, δευτερεύουσες οδικές και σιδηροδρομικές σήραγγες, σήραγγες προσπέλασης	1,2-1,3
Θάλαμοι ενεργειακών σταθμών, κύριες οδικές και σιδηροδρομικές σήραγγες, σταθμοί πολιτικής άμυνας, διασταυρώσεις, είσοδοι σηράγγων	0,9-1,1
Πυρηνικοί σταθμοί, εργοστάσια, σιδηροδρομικοί σταθμοί, χώροι αθλητικών και άλλων εκδηλώσεων, κύριες σήραγγες-αγωγοί μεταφοράς αερίου	0,5-0,8

Με βάση το παρακάτω σχήμα (Εικόνα 4.7), για Q=4,73 ή Q=5,92, ESR=1 και

όπου : Equivalent Dimension (ισοδύναμη διάσταση) δηλαδή το λόγο του ανοίγματος της σήραγγας (διάμετρος ή ύψος σε μέτρα) προς τον παράγοντα αντιστήριξης εκσκαφής (ESR), θα χρησιμοποιηθεί ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 4-5cm στα τοιχώματα και την οροφή του θαλάμου και συστηματική αγκύρωση σε κάνναβο 2mx2m. Ωστόσο, η αγκύρωση θα είναι σε κάνναβο 1,4mx1,4m και η προσωρινή υποστήριξη θα έχει πάχος 10cm για λόγους ασφαλείας. Τέλος, θα τοποθετηθεί επιπλέον στρώση εκτοξευόμενου, σκυροδέματος πάχους 15cm μαζί με μεταλλικό πλέγμα.



Εικόνα 4.7 Επιλογή μέσων υποστήριξης (Barton et al., 1994)

Η υποστήριξη των εκσκαφών γίνεται συνήθως με την χρήση αγκυρίων ή/και συρματόσχοινων διάφορων τύπων και μεγεθών, είτε σε διάφορα σημεία που απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή (spot bolting) είτε και σε όλη την επιφάνεια του θαλάμου, αν αυτό κριθεί απαραίτητο ακολουθώντας την πορεία της εκσκαφής. Για τον υπολογισμό του μήκους των αγκυρίων και των συρματόσχοινων χρησιμοποιούνται οι εξής τύποι:

Οροφή	Παρειές
— **(κοχλίες)**	— **(κοχλίες)**
— **(συρματόσχοινα)**	— **(συρματόσχοινα)**

Όπου: : το μήκος των κοχλιών ή των συρματόσχοινων (m)

: το άνοιγμα της εκσκαφής (m)

: το ύψος της εκσκαφής (m)

: ο συντελεστής του συστήματος ταξινόμησης Q

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς, υπολογίζονται τα εξής:

- **Κοχλίωση σε οροφή**

Το μήκος των κοχλιών στην οροφή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,05m και το μήκος των συρματόσχοινων 2,8m.

- **Κοχλίωση στις παρειές**

Το μήκος των κοχλιών στις παρειές αν απαιτηθεί πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,825m και το μήκος των συρματόσχοινων 1,925m

4.7 Διαμόρφωση Υπόγειου Συγκροτήματος

Για την αξιοποίηση του υπόγειου χώρου είναι απαραίτητες ορισμένες ενέργειες που αποσκοπούν στην δημιουργία ενός κατάλληλου εργασιακού περιβάλλοντος όπως είναι:

- Εγκατάσταση επένδυσης με στόχο τη διασφάλιση της στεγανότητας του υπογείου χώρου
- Εγκατάσταση συστήματος ασφαλείας, συστήματος πυρανίχνευσης και αυτόματης πυρόσβεσης

- Εγκατάσταση δαπέδων και ασφαλτοτάπητα στους χώρους και προσπελάσεις του έργου
- Εγκατάσταση ηλεκτρικού δικτύου και συστήματος φωτισμού των χώρων

4.7.1 Εγκατάσταση Συστήματος Στεγανοποίησης

Για την λειτουργία όλων των υπόγειων χώρων κρίνεται απαραίτητο η διασφάλιση μηδενικής εισροής υδάτων. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν διάφορα σενάρια όπως:

- Τεχνικές στεγανοποίησης με χρήση μεμβρανών
- Τεχνικές στεγανοποίησης με χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος ειδικής σύστασης
- Τεχνικές στεγανοποίησης με χρήση προκατασκευασμένων ψευδοροφών

Και στις 2 επεκτάσεις προτείνεται να εφαρμοστεί η τεχνική στεγανοποίησης με χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος ειδικής σύστασης, τεχνική η οποία εφαρμόστηκε και στο ήδη υπάρχον συγκρότημα. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα είναι ενισχυμένο με χαλαζιακή πούδρα (microsilica). Τα πρόσμικτα αυτά βρίσκονται τόσο σε υγρή όσο και σε στερεή μορφή και μπαίνουν σε αναλογία 5-10% κατά βάρος στο σκυρόδεμα. Σκοπός τους το κλείσιμο των πόρων του σκυροδέματος ώστε να εμποδίζουν την διέλευση του ύδατος.

Η διάστρωση του σκυροδέματος θα γίνει σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει τη διάστρωση σκυροδέματος με πάχος πρώτης υποστήριξης 10cm.Στη δεύτερη φάση και μετά την σκλήρυνση της πρώτης στρώσης θα εφαρμοστεί η δεύτερη στρώση του σκυροδέματος πάχους 15cm.

Ο χρωματισμός του συνόλου του υπογείου έργου, πλην των χώρων υποστήριξης, θα γίνει και στις επεκτάσεις με ακρυλικό τσιμεντόχρωμα, κατάλληλο για συνθήκες υγρασίας, καυσαερίων και με δυνατότητα να πλένεται με νερό υπό πίεση 6atm.

4.7.2 Εγκατάσταση Συστήματος ασφαλείας, Συστήματος πυρανίχνευσης και αυτόματης πυρόσβεσης

Η προστασία των υπόγειων χώρων έναντι των πυρκαγιών αλλά και δολιοφθορών είναι βασική προϋπόθεση στην προσπάθεια προσέλκυσης επενδυτών για την εγκατάσταση επιχειρήσεων στον συγκεκριμένο υπόγειο χώρο. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα ασφαλείας παρέχει τα εξής:

- Έλεγχος διακίνησης επισκεπτών και εργαζομένων και έλεγχος πρόσβασης σε κρίσιμους χώρους μέσω ειδικών καρτών
- Φύλαξη των εγκαταστάσεων και έλεγχος εισόδου μέσω κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης και ειδικών συστημάτων εντοπισμού
- Ενεργητικό σύστημα πυρανίχνευσης που αποτελείται από on-line δέκτες εντοπισμού (φωτοηλεκτρικός, θερμοδιαφορικός ανιχνευτής) και επίσης από σύστημα προειδοποίησης και αναγγελίας κινδύνου
- Σύστημα κατάσβεσης sprinkler το οποίο και συνεργάζεται με το παραπάνω σύστημα πυρανίχνευσης

Η πυρανίχνευση με αυτόματα συστήματα sprinkler, τα οποία πρέπει να είναι σύμφωνα με το πρότυπο ISO 6182:1993 βοηθάει στην μείωση της εξάπλωσης της πυρκαγιάς ή ακόμα και στο πλήρη σβήσιμό της.

Για χώρους στους οποίους υπάρχουν ευπαθή ή μεγάλης αξίας προϊόντα, χρησιμοποιούνται συνήθως συστήματα κατάσβεσης sprinkler διπλής προενέργειας, ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα στα αποθηκευμένα υλικά από τυχόν ενεργοποίηση. Στο συγκεκριμένο σύστημα, οι σωληνώσεις είναι γεμάτες αέρα υπό πίεση (dry steam) και η πλήρωσή τους με νερό για την πραγματοποίηση της κατάσβεσης γίνεται μόνο αφού επιβεβαιωθεί από το σύστημα ελέγχου η ύπαρξη πυρκαγιάς..

4.7.3 Εγκατάσταση δαπέδων και ασφαλτοτάπητα

Η εγκατάσταση δαπέδων και ασφαλτοτάπητα συμβάλλει στη ευκολία προσπέλασης και κίνησης των οχημάτων και του προσωπικού. Τα δάπεδα, εξαιτίας της συχνής

διέλευσης σύγχρονων ηλεκτρικών περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων πρέπει μεγάλη ακρίβεια επιπεδότητος.

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακες 4.13 και 4.14) αναφέρονται οι προδιαγραφές επιπεδότητος των δαπέδων. Αυτές βέβαια αφορούν κυρίως επιφανειακές αποθήκες, υιοθετούνται όμως και στην περίπτωση αντίστοιχων υπόγειων συγκροτημάτων.

Πίνακας 4.13 Μέγιστες επιτρεπτές αποκλίσεις επιπεδότητος όλων των χώρων, πλην διαδρόμων (DIN 18202

Αποστάσεις (m) από οποιοδήποτε τχαίο σημείο αναφοράς του δαπέδου	0,1m	1,0m	4,0m	10,0m	15,0m
Μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση επιπεδότητος (mm)	2mm	4mm	10mm	12mm	15mm

Πίνακας 4.14 Μέγιστες επιτρεπτές αποκλίσεις επιπεδότητος των διαδρόμων, ανάλογα με το πλάτος του διαδρόμου και το ύψος της αποθήκης (DIN 15185)

Αποστάσεις (m) από οποιοδήποτε τχαίο σημείο αναφοράς του δαπέδου του, κατά μήκος του υπό εξέταση διαδρόμου	1,0m	2,0m	3,0m	4,0m
Μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση επιπεδότητος (mm) κατά μήκος διαδρόμου	2mm	3mm	4mm	5mm
Αποστάσεις (m) από οποιοδήποτε τχαίο σημείο αναφοράς του δαπέδου του, κατά μήκος του υπό εξέταση διαδρόμου	έως 1,0m	1,0-1,5m	1,5-2,0m	2,0-2,5m
Μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση επιπεδότητος (mm) μεταξύ των άκρων του διαδρόμου (ύψος ανύψ. <6m)	2,0mm	2,5mm	3,0mm	3,5mm
Μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση επιπεδότητος (mm) μεταξύ των άκρων του διαδρόμου (ύψος ανύψ. >6m)	1,5mm	2,0mm	2,5mm	3,0mm

Και στις δύο επεκτάσεις προτείνεται να γίνει εγκατάσταση βιομηχανικών δαπέδων. Το βιομηχανικό δάπεδο θα είναι μεγάλης μηχανικής και χημικής αντοχής, και μεγάλης ακρίβειας επιπεδότητος, σύμφωνα και με τους προηγούμενους πίνακες. Επίσης το δάπεδο θα πρέπει να εμφανίζει:

- Υψηλές μηχανικές αντοχές θλίψεως-εφελκυσμού-κάμψεως)
- Ταχεία ανάπτυξη των αντοχών αυτών
- Μεγάλη και σε όλη τη μάζα σκληρότητα του δαπέδου
- Μη δημιουργία σκόνης από την χρήση του δαπέδου
- Ισχυρή πρόσφυση του δαπέδου με το υπόστρωμα
- Ηχοαπορροφητικότητα
- Αντιολισθηρότητα
- Χημική αντίσταση του δαπέδου
- Ευκολία συντήρησης και καθαρισμού του δαπέδου
- Μεγάλη ταχύτητα κατασκευής
- Δυνατότητα ταχείας επισκευής και επαναχρησιμοποίησης

Για την διαμόρφωση του δαπέδου εργασίας του υπογείου χώρου και στις δύο επεκτάσεις θα γίνει διασπορά βιομηχανικού υλικού τύπου MACRON (με μέγεθος κόκκου 2,5mm σε αναλογία 5 kg/m². Το ύψος του βιομηχανικού δαπέδου θα είναι περίπου 10mm, ενώ η διασπορά του ειδικού υλικού MACRON θα γίνει μέσω ψεκασμού με υδατοδιαλυτή ακρυλική ρητίνη. Το συνολικό πάχος στρώσης του σκυροδέματος θα είναι 20cm. Θα χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα τύπου C20/25. Ακολούθως θα γίνει ψεκασμός με υδατοδιαλυτή ακρυλική ρητίνη προς αποφυγή τριχοειδών ρωγματώσεων από την αφυδάτωση του σκυροδέματος κατά την πήξη του.

4.7.4 Εγκατάσταση ηλεκτρικού δικτύου και συστήματος φωτισμού

Οι υπόγειοι χώροι όπως είναι φυσικό βασίζονται εξ' ολοκλήρου σε τεχνητά συστήματα φωτισμού. Ο καλός φωτισμός εκτός από την αποφυγή ατυχημάτων προσφέρει και αλλαγή της ψυχολογίας του προσωπικού.

Σημαντικό στοιχείο αποτελεί το μεγάλο ύψος του χώρου και χρειάζεται να δοθεί προσοχή στην τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων που θα επιλεγούν τελικά, ώστε

να εξασφαλίζεται ο καλός φωτισμός του χώρου. Τέλος, χρειάζεται προσοχή στην επιλογή του χρωματισμού του βιομηχανικού δαπέδου, καθώς μπορεί να διαφοροποιήσει το συντελεστή ανάκλασης.

Ο φωτισμός διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

- Φωτισμός κατά την κατασκευή
- Μόνιμος φωτισμός

I. **Ένταση Φωτισμού κατά την κατασκευή σε ασβεστόλιθο**

- Χώροι εργασιών-συντήρησης, επισκευών: 300 LUX
- Αποθηκευτικοί χώροι: 150 LUX
- Χώροι μηχανολογικού εξοπλισμού (αντλιοστάσια, λεβητοστάσια, σταθμοί αεροσυμπιεστών, γεννήτριες): 100 LUX
- Χώροι εστίασης: 200 LUX
- Χώροι υγιεινής: 100 LUX
- Χώροι πρώτων βοηθειών: 500 LUX

II. **Ένταση Μόνιμου Φωτισμού**

Τύπος	Φωτισμός ημέρας (LUX)	Φωτισμός νύχτας (LUX)
Χώροι στάθμευσης	60	12
Διάδρομοι κυκλοφορίας	100	20
Είσοδοι-Έξοδοι	200	40
Μηχανοστάσια	150	30
W.C.	200	40
Αποθήκες	100	20
Κλιμακοστάσια	200	40
Γραφεία	500	100
Αποδυτήρια	200	40
Ηλεκτροστάσιο	150	30

Τέλος, στο υπόγειο συγκρότημα πρέπει να υπάρχει και εφεδρικό σύστημα φωτισμού καθώς:

- Ο διαρκής φωτισμός στα υπόγεια έργα είναι απαραίτητος τόσο σε κανονικές όσο και σε συνθήκες έκτατης ανάγκης
- Εφ' όσον ο κύριος φωτισμός έχει διακοπεί, όλες οι διαδρομές διαφυγής, έξοδοι κινδύνου κ.λπ., πρέπει να διαθέτουν εφεδρικό φωτισμό.
- Πρέπει να διατίθεται αριθμός φανών κρανών κράνους ή χειρός αντιεκρηκτικού τύπου
- Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται στην είσοδο του υπογείου έργου για τον φωτισμό, ώστε να μη δημιουργείται δυσκολία στην προσαρμογή της όρασης των εισερχομένων και των εξερχομένων

Τέλος, δεν θα χρειασθεί να κατασκευαστεί υποσταθμός, κάτι το οποίο έχει κατασκευαστεί ήδη στο κύριο υπόγειο συγκρότημα καθώς ούτε γραφεία και δωμάτιο ελέγχου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

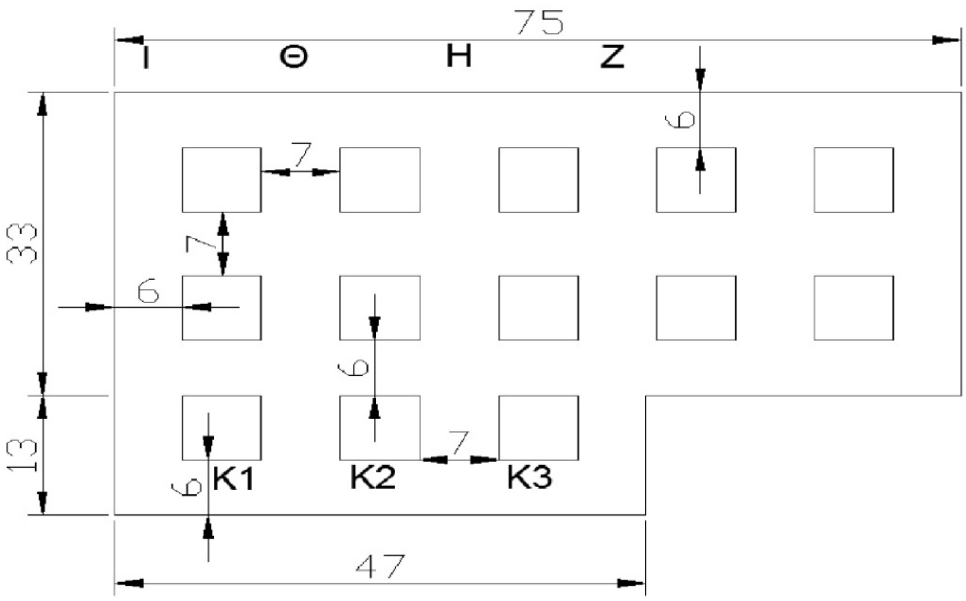
ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΩΝ ΕΠΕΚΤΑΣΕΩΝ

5.1 Εισαγωγή-Μέθοδος διάτρησης-ανατινάξεις

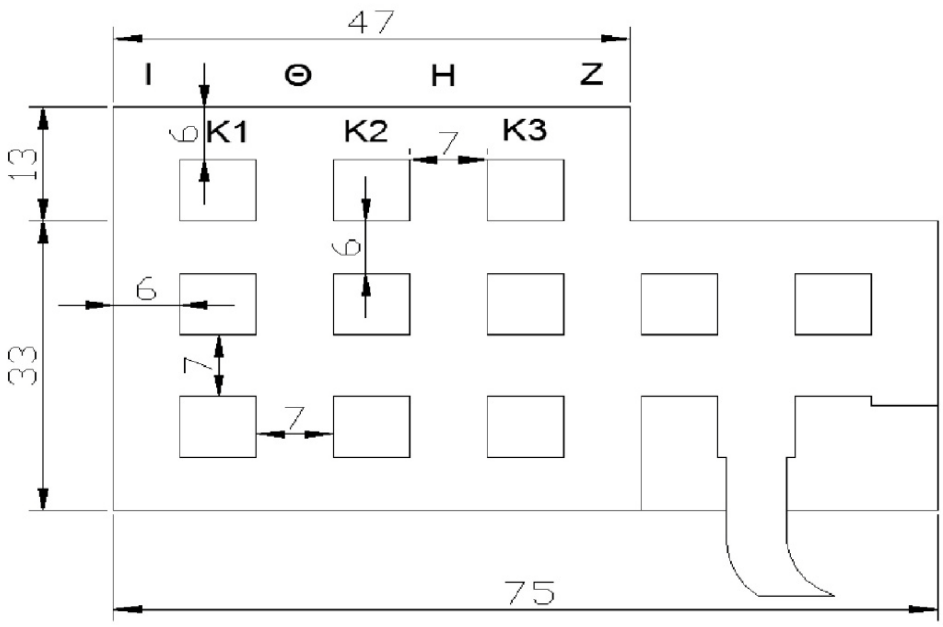
Το υπάρχον υπόγειο συγκρότημα κατασκευάστηκε, όπως προαναφέρθηκε, με την μέθοδο των θαλάμων και στύλων. Με τον ίδιο τρόπο προτείνεται να κατασκευαστούν και οι δύο επεκτάσεις του.

Η διάνοιξη των θαλάμων θα γίνει και στις δύο επεκτάσεις με τον ίδιο τρόπο, θα χρησιμοποιηθεί ο ίδιος μηχανολογικός εξοπλισμός καθώς και τα ίδια υλικά, αφού η Β΄ Επέκταση είναι αντικατοπτρική της Α΄ Επέκτασης.

Η κάθε μία από αυτές θα έχει τρεις στύλους και εφτά θαλάμους (τέσσερεις κάθετους θαλάμους και τρεις οριζόντιους, Σχήμα 5.1 και Σχήμα 5.2).



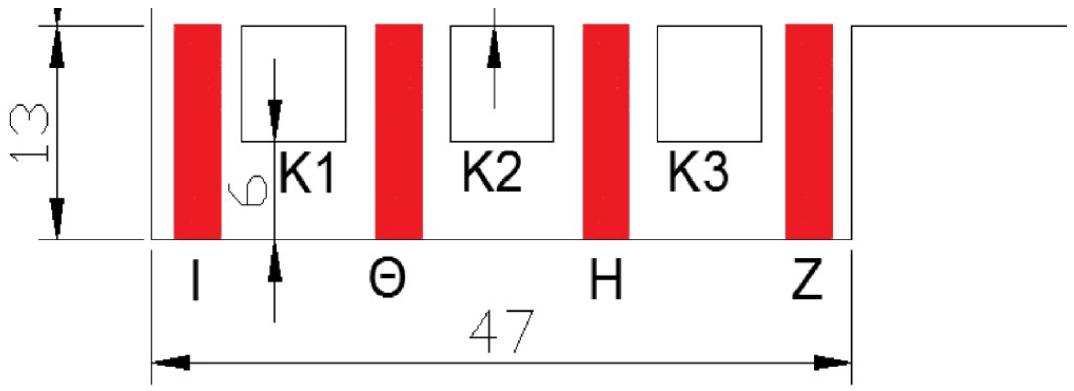
Σχήμα 5.1 Κάτοψη Α΄ Επέκτασης



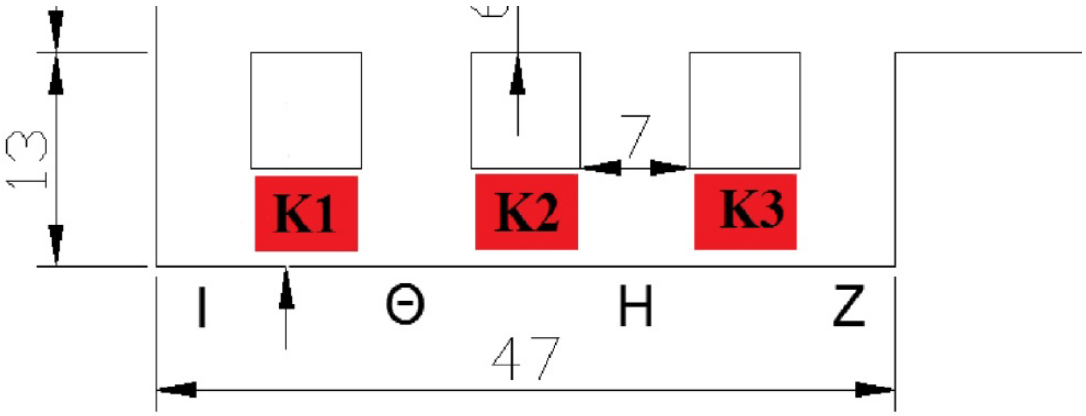
Σχήμα 5.2 Κάτοψη Β΄ Επέκτασης

Η διάνοιξη των θαλάμων θα πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο της διάτρησης-ανατίναξης (drill and blast).

Οι διαδικασίες που θα ακολουθηθούν κατά την συγκεκριμένη μέθοδο χωρίζονται σε δύο φάσεις τόσο στην πρώτη επέκταση όσο και στην δεύτερη. Κατά την πρώτη φάση προτείνεται να διανοιχτούν οι τέσσερεις κάθετοι θάλαμοι, μήκους 13m και στην δεύτερη φάση οι τρεις οριζόντιοι θάλαμοι, μήκους 7m αντίστοιχα (Σχήμα 5.3 και Σχήμα 5.4).



Σχήμα 5.3 Α΄ Φάση διάνοιξης



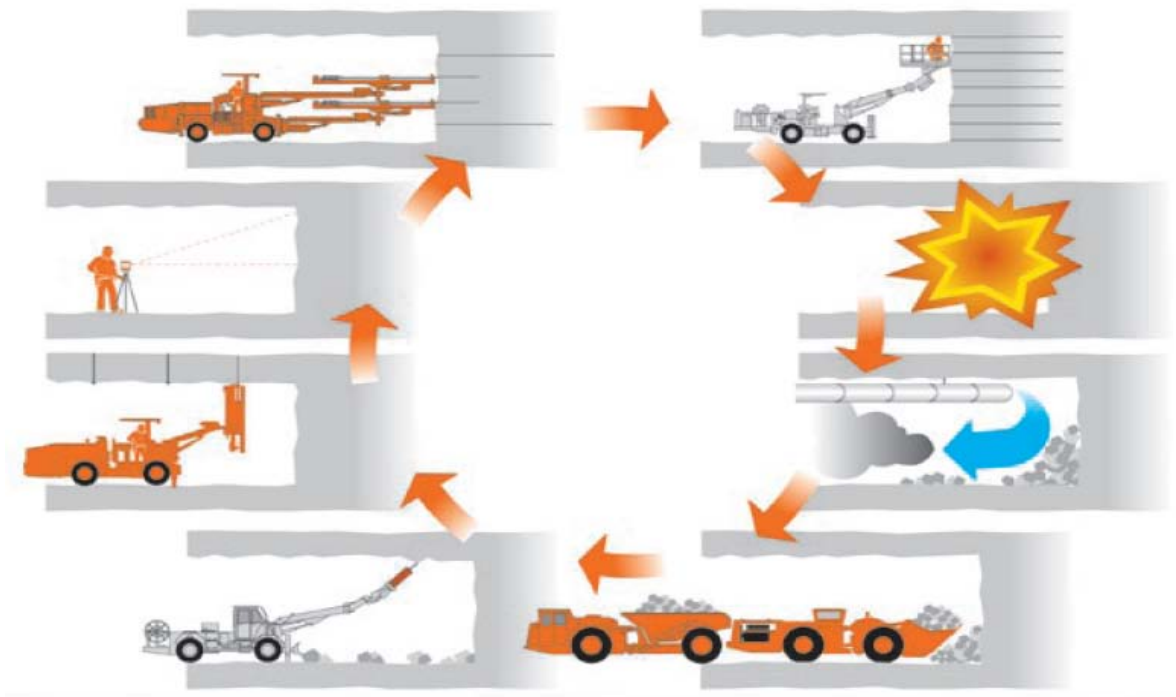
Σχήμα 5.4 Β΄ Φάση Διάνοιξης

5.2 Κύκλος Εργασιών

Σε έναν κύκλο εργασιών (Εικόνα 5.1) πραγματοποιούνται οι εξής εργασίες όσες φορές είναι απαραίτητο ώστε να ολοκληρωθεί ο υπόγειος χώρος. Οι εργασίες που πραγματοποιούνται είναι οι εξής:

- Διάτρηση
- Γόμωση

- Ανατίναξη
- Αερισμός
- Ξεσκάρωμα
- Αποκομιδή-μεταφορά υλικού
- Άμεση Υποστήριξη διατομής



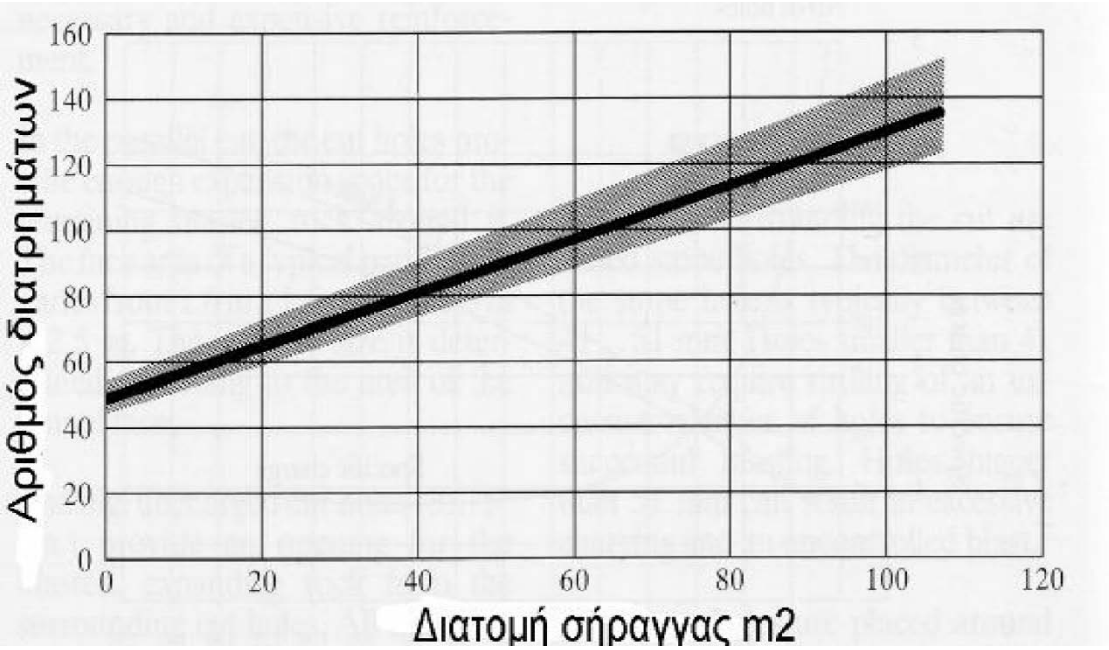
Εικόνα 5.1 Κύκλος εργασιών

5.2.1 Διάτρηση

Η όρυξη των διατρημάτων θα πραγματοποιηθεί με την χρήση διατρητικού φορείου Tamrock-Secoma Pluton 24 (Εικόνα 5.2), μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιήθηκε και κατά την όρυξη των διατρημάτων στο ήδη υπάρχον υπόγειο έργο. Το διατρητικό φορείο που θα χρησιμοποιηθεί έχει δύο σφύρες διάτρησης σε σχέση με το διατρητικό με μία σφύρα διάτρησης, με αποτέλεσμα να μειώνεται στο μισό ο χρόνος διάτρησης του πετρώματος.

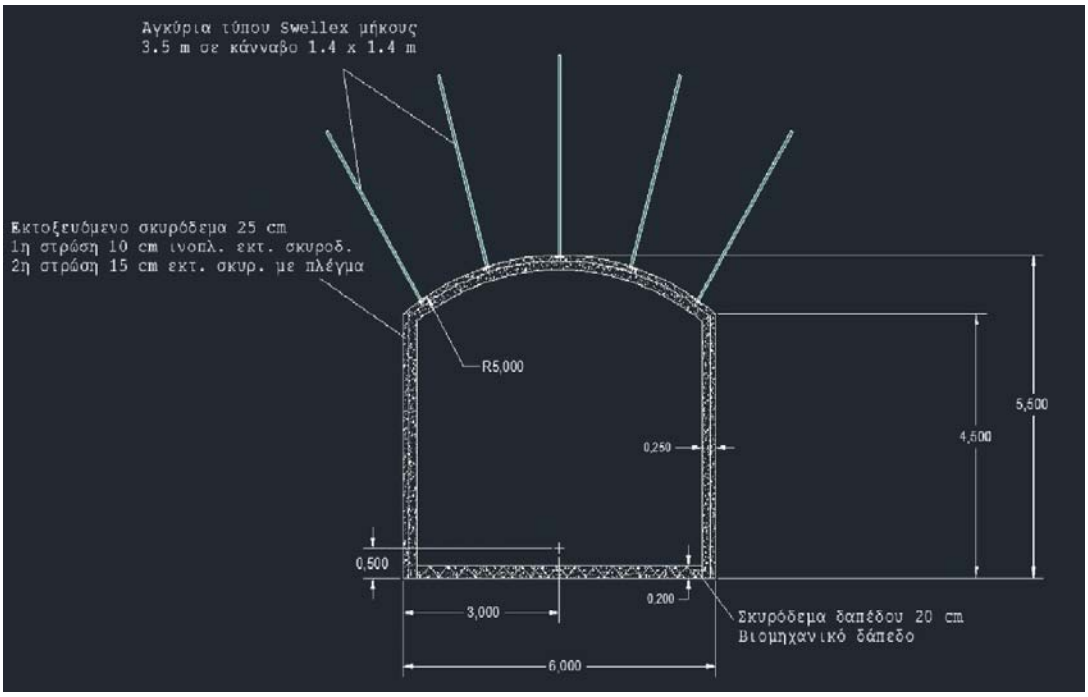
Εικόνα 5.2 Tamrock-Secoma Pluton 24

Στην Α΄ Επέκταση, όπως φαίνεται και στην κάτοψη (Σχήμα 5.1), οι θάλαμοι Ι και Ζ έχουν πλάτος διατομής 6m ενώ οι θάλαμοι Θ και Η έχουν πλάτος διατομής 7m. Έτσι, ο αριθμός των διατρημάτων ανά διατομή, σύμφωνα και με την Εικόνα 5.3, είναι για την διατομή με πλάτος 6m 65 διατρήματα, ενώ για την διατομή με πλάτος 7m 74 διατρήματα.



Εικόνα 5.3 Διάγραμμα προσδιορισμού διατρημάτων σε σχέση με την διατομή της σήραγγας (Σοφιανός, Αθήνα, 2008)

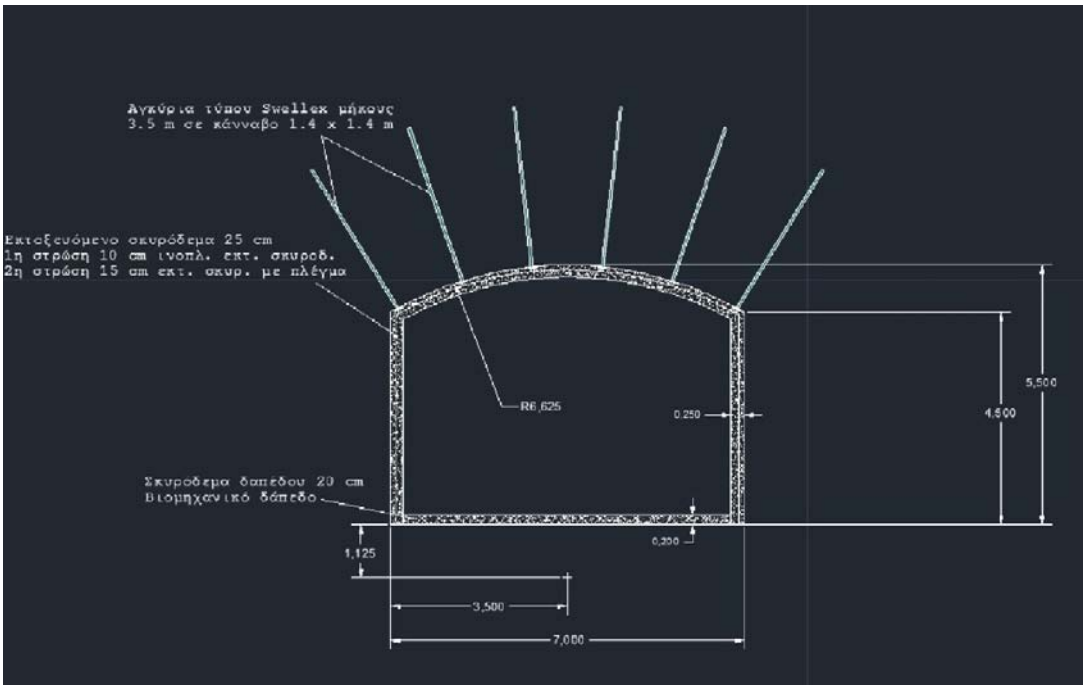
- Διατομή με πλάτος 6m (Εικόνα 5.4)



Εικόνα 5.4 Διατομή με πλάτος 6m

Η συγκεκριμένη διατομή έχει 65 διατρήματα. Η περίμετρος της οροφής της είναι 6,75m και το εμβαδόν της είναι 31,136m^2.

- Διατομή με πλάτος 7m (Εικόνα 5.5)



Εικόνα 5.5 Διατομή με πλάτος 7m

Η συγκεκριμένη διατομή έχει 74 διατρήματα. Η περίμετρος της οροφής της είναι 7,4m και το εμβαδόν της είναι 38,07m^2.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η διάτρηση του ασβεστόλιθου του «Ανώτερου Μαρμάρου» θα γίνει από διατρητικό φορείο το οποίο φέρει δύο σφύρες διάτρησης (μπούμα). Η ταχύτητα όρυξης του είναι 1,4m/min.

Κατά την πρώτη φάση, οι θάλαμοι Ι και Ζ με πλάτος 6m έχουν μήκος 13m. Για την διάνοιξή τους θα διατρηθούν 65 διατρήματα ανά διατομή με μήκος διατρήματος 2,05m. Το μήκος προχώρησης του θαλάμου ανά ανατίναξη θα είναι 1,85m.

Το συνολικό μήκος της διάτρησης ανά διατομή θα είναι 133,25m. Αφού γνωρίζουμε την ταχύτητα όρυξης, ο χρόνος για να δημιουργηθούν τα 65 διατρήματα σε ένα κύκλο εργασίας είναι 95min. Καθώς όμως το διατρητικό φορείο θα έχει δύο μπούμες και ο χρόνος μειώνεται κατά το ήμισυ, τότε ο νέος χρόνος διάτρησης θα είναι **47,5min**. Ωστόσο, για την διάνοιξη του κάθε διατρήματος θεωρείται ότι χρειάζονται επιπλέον 30sec προκειμένου να αλλάξει θέση η μπούμα (χρόνος μανούβρας). Άρα, προστίθενται επιπλέον 17min για αυτές τις διαδικασίες και άλλα 8min για επιπλέον κινήσεις του διατρητικού φορείου. Άρα, ο τελικός χρόνος της διάτρησης των διατρημάτων θα είναι **72,5min**.

Αντίστοιχα, οι θάλαμοι Θ και Η με πλάτος 7m έχουν και αυτοί μήκος 13m. Τα διατρήματα θα είναι 74 ανά διατομή με μήκος 2,05m. Το μήκος προχώρησης ανά ανατίναξη θα είναι και εδώ 1,85m.

Το συνολικό μήκος διάτρησης ανά διατομή θα είναι 151,7m. Με ταχύτητα όρυξης 1,4m/min, η διατομή θα έχει ολοκληρωθεί σε 108min. Δηλαδή σε **54min** (εξαιτίας της μείωσης του χρόνου από τις δύο μπούμες). Επιπλέον προσθέτουμε 25min λόγω των διαδικασιών που προαναφέραμε και ο τελικός χρόνος διάτρησης των διατρημάτων θα είναι **79min**.

Κατά την πρώτη φάση διάνοιξης του έργου, τόσο για την διάνοιξη του θαλάμου Ι όσο και για την διάνοιξη των θαλάμων Θ, Η και Ζ, θα πραγματοποιηθούν συνολικά **28 ανατινάξεις** για την συνολική διάτρηση με συνολικό μήκος 3989m. Συνεπώς, για να υπολογιστεί ο μέσος χρόνος διάτρησης κατά την πρώτη φάση πρέπει να υπολογιστεί ο σταθμισμένος μέσος όρος που αντιστοιχεί στους αντίστοιχους θαλάμους. Έτσι, ο μέσος χρόνος της πρώτης φάσης με 69 διατρήματα ανά διατομή είναι **76min**.

<u>Στην δεύτερη φάση του έργου</u>, θα πραγματοποιηθεί η διάνοιξη του θαλάμου Κ, ο οποίος αποτελείται από τρεις επιμέρους θαλάμους μήκους 7m ο καθένας, πλάτος διατομής 6m και περίμετρο οροφής 6,45m. Το εμβαδόν της διατομής τους θα είναι 31m^2 και θα διατρηθούν 65 διατρήματα. Στην δεύτερη φάση, το μήκος των διατρημάτων θα είναι 2,05m με μήκος προχώρησης 1,85m ανά ανατίναξη.

Συνεπώς, το συνολικό μήκος της διάτρησης ανά διατομή θα είναι 133,25. Με ταχύτητα όρυξης 1,4m/min, η διάτρηση θα ολοκληρωθεί σε 95min. Επειδή το διατρητικό φορείο θα έχει δύο μπούμες στο διατρητικό μας φορείο, ο χρόνος θα μειωθεί κατά το ήμισυ, δηλαδή η διάτρηση μιας διατομής θα ολοκληρωθεί σε 47,5min. Και εδώ θα προσθέσουμε 25min για δευτερογενείς κινήσεις. Έτσι, ο μέσος χρόνος διάτρησης της δεύτερης φάσης θα είναι **70,5min**. Τέλος, για την διάτρηση 1521m ασβεστόλιθου θα πραγματοποιηθούν συνολικά **12 ανατινάξεις**.

Συνοψίζοντας απ' όλα τα παραπάνω, δίνονται τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 5.1):

Πίνακας 5.1 Αποτελέσματα Διάτρησης

Φάση	Μήκος Διατρήματος	Μήκος Προχώρησης	Ανατινάξεις	Χρόνος Διάτρησης
Α΄ Φάση	**2,05m**	**1.85m**	**28**	**76min**
Β΄ Φάση	**2,05m**	**1.85m**	**12**	**72.5min**

5.2.2 Γόμωση-Ανατίναξη

Ο τύπος της εκρηκτικής ύλης που θα χρησιμοποιηθεί για την γόμωση των διατρημάτων καθώς και τα καψύλλια, θα είναι τα ίδια που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κατασκευή του ήδη υπάρχοντος έργου. Θα χρησιμοποιηθεί ζελατινοδυναμίτιδα σε μορφή φυσιγγίων, διαστάσεων Φ28Χ230 με βάρος 0,21kg/φυσίγγι. Ο χρόνος που απαιτείται για την γόμωση των διατρημάτων είναι 2min ανά διάτρημα και εργάτη. Άρα χρησιμοποιώντας τρεις εργάτες μειώνεται ο χρόνος γόμωσης κατά 1/3.

Στην πρώτη φάση, για την διάνοιξη των θαλάμων Ι, Θ, Η και Ζ θα πραγματοποιηθούν συνολικά 28 ανατινάξεις, 7 ανατινάξεις για την διάνοιξη του κάθε θαλάμου. Αντίστοιχα, στην δεύτερη φάση, για τους θαλάμους K_1, K_2 και K_3 θα πραγματοποιηθούν 12 ανατινάξεις, 4 ανατινάξεις για τον κάθε θάλαμο. Έτσι υπολογίζονται οι εξής χρόνοι:

Κατά την πρώτη φάση, στους θαλάμους Ι και Ζ, με 65 διατρήματα ανά διατομή, ο χρόνος που απαιτείται για την συνολική γόμωση είναι 43,3min. Προσθέτοντας και 15min για οποιεσδήποτε άλλες διεργασίες, εκτιμάται ο συνολικός χρόνος να είναι 58,3min.

Στους θαλάμους Θ και Η, με 74 διατρήματα ανά διατομή, η γόμωση θα ολοκληρωθεί σε 49,3min. Προσθέτοντας και εδώ 15min, ο τελικός χρόνος γόμωσης αυτών των θαλάμων θα είναι 64,3min.

Τέλος, ο τελικός μέσος χρόνος γόμωσης κατά την πρώτη φάση θα είναι **61,3min**. Εκτιμάται ότι για τα 30min από τα 61,3min θα χρησιμοποιείται η πλατφόρμα γόμωσης για την γόμωση των άνω διατρημάτων.

Κατά την δεύτερη φάση, στον θάλαμο Κ, με 65 διατρήματα ανά διατομή, ο χρόνος που απαιτείται για την συνολική γόμωση της εκάστοτε διατομής θα είναι 43,3min. Προσθέτοντας και 15min για οποιεσδήποτε άλλες διεργασίες, εκτιμάται ο συνολικός χρόνος να είναι **58,3min**. Εκτιμάται ότι και στην δεύτερη φάση για τα 30min από τα 58,3min θα χρησιμοποιείται η πλατφόρμα γόμωσης για την γόμωση των άνω διατρημάτων.

Κατά την ανατίναξη θα χρησιμοποιηθούν καψύλλια NONEL της σειράς LP. Για την έναυσμά τους χρησιμοποιήθηκαν σύνδεσμοι δέσμης που αποτελούνται από θηλιές ακαριαίας θρυαλλίδας των 5 gr/m PETN. Για κάθε ανατίναξη θα χρησιμοποιηθούν 4 συνδέσεις δεσμών.

Σύμφωνα με όλα αυτά, δίνονται τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 5.2):

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά Γόμωσης-Διατρημάτων

Θάλαμος	Διατρήματα	Χρόνος Γόμωσης-Ανατίναξης
Ι και Ζ	**65**	**58,3min**
Θ και Η	**74**	**64.3min**
Κ	**65**	**58.3min**

5.2.3 Αερισμός

Μετά από κάθε ανατίναξη πρέπει να γίνεται αερισμός του μετώπου ώστε να απομακρύνονται τυχόν βλαβερά αέρια, ώστε στην συνέχεια να μπορούν οι εργαζόμενοι να συνεχίσουν χωρίς προβλήματα την δουλεία τους. Και στις δύο φάσεις, ο μέσος χρόνος αερισμού είναι περίπου **20min**.

5.2.4 Αποκομιδή-Μεταφορά υλικού

Για την συνολική μεταφορά του υλικού που προέρχεται από τις ανατινάξεις, διεξάγονται 3 διαφορετικές εργασίες:

- Υπόγεια φόρτωση και μεταφορά
- Υπαίθρια φόρτωση από το σημείο απόθεσης σε φορτηγά
- Μεταφορά σε τελικό σημείο απόθεσης

5.2.4.1 Υπόγεια φόρτωση και μεταφορά

Για την φόρτωση και την μεταφορά του υλικού από τις ανατινάξεις θα χρησιμοποιηθεί φορτωτής τύπου Wagner ST8B(Εικόνα 5.6).

Εικόνα 5.6 Φορτωτής τύπου Wagner ST8B

Ο φορτωτής που θα χρησιμοποιηθεί, έχει χωρητικότητα κουβά ίση με 6,12m^3, με πληρότητα 80%. Η μέση ταχύτητα κίνησης του θα είναι 10km/h χωρίς φορτίο και 5km/h με φορτίο.

Κατά την πρώτη φάση, στους θαλάμους Ι και Ζ που έχουν μήκος 13m, των οποίων η διατομή έχει πλάτος 6m και το μήκος προχώρησης είναι 1,85m, με εμβαδόν 31,136m^2, συνολικός όγκος του εξορυσσόμενου προϊόντος θα είναι 57,6m^3. Ωστόσο, υπολογίζοντας και τον συντελεστή επιπλήσματος, ο οποίος είναι 1,4, ο συνολικός όγκος προς αποκομιδή θα είναι 80,64m^3. Αντίστοιχα, στους θαλάμους Θ και Η που έχουν μήκος 13m, των οποίων η διατομή έχει πλάτος 7m και το μήκος προχώρησης είναι 1,85m, με εμβαδόν διατομής 38,07m^2, ο συνολικός όγκος θα είναι 70,42m^3. Λαμβάνοντας υπόψη και εδώ τον συντελεστή επιπλήσματος, ο συνολικός όγκος ανά διατομή θα είναι 98,5m^3.

Στον θάλαμο Ι, υπάρχουν 80,64m^3 ανά διατομή εξορυσσόμενου προϊόντος. Ο κουβάς έχει πληρότητα κατά 80%. Άρα ο φορτωτής θα πραγματοποιήσει 17 διαδρομές ανά ανατίναξη μέχρι να αποθέσει το υλικό σε σημείο έξω ακριβώς από την είσοδο της προσπελαστικής σήραγγας, το οποίο απέχει περίπου 262m. Ο χρόνος ανά δρομολόγιο θα είναι περίπου 6,5min. Άρα τα προϊόντα από ένα κύκλο εργασίας θα μεταφερθούν σε **110.5min**.

Στον θάλαμο Θ, υπάρχουν 98,5m^3 εξορυσσόμενου προϊόντος, με πληρότητα κουβά 80%. Άρα ο φορτωτής θα πραγματοποιήσει 20 διαδρομές ανά ανατίναξη μέχρι να

αποθέσει το υλικό σε σημείο έξω ακριβώς από την είσοδο της προσπελαστικής σήραγγας, σε απόσταση περίπου 248m από την διατομή του θαλάμου Θ. Άρα, ο χρόνος ανά δρομολόγιο θα είναι 6,5min. Ο χρόνος λοιπόν για την μεταφορά τους σε ένα κύκλο εργασιών θα είναι **130min**.

Στον θάλαμο Η, υπάρχουν 98,5m^3 εξορυσσόμενου προϊόντος, με πληρότητα κουβά 80%. Άρα ο φορτωτής θα πραγματοποιήσει 20 διαδρομές ανά ανατίναξη μέχρι να αποθέσει το υλικό σε σημείο έξω ακριβώς από την είσοδο της προσπελαστικής σήραγγας, σε απόσταση περίπου 234m από την διατομή του θαλάμου Θ. Άρα, το κάθε δρομολόγιο θα είναι περίπου 6,2min. Ο χρόνος λοιπόν για την μεταφορά τους σε ένα κύκλο εργασιών θα είναι **124min**.

Στον θάλαμο Ζ, υπάρχουν 80,64m^3 ανά διατομή εξορυσσόμενου προϊόντος. Ο κουβάς έχει πληρότητα κατά 80%. Άρα ο φορτωτής θα πραγματοποιήσει 17 διαδρομές ανά ανατίναξη μέχρι να αποθέσει το υλικό σε σημείο έξω ακριβώς από την είσοδο της προσπελαστικής σήραγγας, το οποίο απέχει περίπου 220m. Ο χρόνος λοιπόν ανά δρομολόγιο θα είναι 6min. Άρα τα προϊόντα από ένα κύκλο εργασίας θα μεταφερθούν σε **102min**.

Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα Υπόγειας Φόρτωσης και Μεταφοράς κατά την Α΄ Φάση

Θάλαμος	Όγκος Εξορυσσόμενου Υλικού	Διαδρομές	Συνολικός Χρόνος ανά μεταφορά
Ι	80,64m^3	17	110.5min
Θ	98.5m^3	20	130min
Η	98.5m^3	20	124min
Ζ	80.64m^3	17	102min

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.3, συνολικά, ο φορτωτής θα λειτουργεί κατά μέσο όρο 110,2min ανά μέτωπο για την πρώτη φάση.

Κατά την δεύτερη φάση, στα τρία κομμάτια του θαλάμου Κ όπου το καθένα έχει μήκος 7m, των οποίων η διατομή έχει πλάτος 6m και το μήκος προχώρησης είναι

1,85m, με εμβαδόν 31,136m^2, συνολικός όγκος του εξορυσσόμενου προϊόντος θα είναι 57,6m^3.Ωστόσο, υπολογίζοντας και τον συντελεστή επιπλήσματος, ο οποίος είναι 1,4, ο συνολικός όγκος ανά διατομή θα είναι 80,6m^3.

Στον θάλαμο K_1, υπάρχουν 80,6m^3 ανά διατομή εξορυσσόμενου προϊόντος. Ο κουβάς έχει πληρότητα κατά 80%. Άρα ο φορτωτής θα πραγματοποιήσει 16 διαδρομές ανά ανατίναξη μέχρι να αποθέσει το υλικό σε σημείο έξω ακριβώς από την είσοδο της προσπελαστικής σήραγγας, το οποίο απέχει περίπου 258m. Ο χρόνος λοιπόν ανά δρομολόγιο θα είναι 6,1min. Άρα τα προϊόντα από ένα κύκλο εργασίας θα μεταφερθούν σε **97,6min**.

Τόσο στον θάλαμο K_2 όσο και στον θάλαμο K_3, θα πραγματοποιηθούν 16 διαδρομές ανά διατομή. Ο χρόνος που θα κάνει ο φορτωτής από τον θάλαμο K_2 να μεταφέρει τα υλικά για απόθεση σε ένα κύκλο εργασίας σε σημείο 258m μακριά διαμέσου της προσπελαστικής σήραγγας είναι **97,6min**. Ο χρόνος από τον K_3 σε σημείο 230m μακριά θα είναι **91,2min.**

Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα Υπόγειας Φόρτωσης και Μεταφοράς κατά την Β΄ Φάση

Θάλαμος	Όγκος Εξορυσσόμενου Υλικού	Διαδρομές	Συνολικός Χρόνος
K_1	80,6m^3	16	97.6min
K_2	80,6m^3	16	97.6min
K_3	80,6m^3	16	91.2min

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.3, συνολικά, ο φορτωτής θα λειτουργεί κατά μέσο όρο 95,4min ανά μέτωπο για την δεύτερη φάση.

Χρησιμοποιώντας τους δύο μέσους χρόνους και των δύο φάσεων, υπολογίζεται ένας κοινός μέσος χρόνος υπόγειας φόρτωσης και μεταφοράς.

Συνολικά, ο φορτωτής θα λειτουργεί κατά μέσο όρο 101,5min ανά μέτωπο.

5.2.4.2 Υπαίθρια φόρτωση από το σημείο απόθεσης σε φορτηγά

Από το σημείο απόθεσης θα πρέπει να φορτωθούν συνολικά 2453m^3 εξορυσσόμενου καθαρού προϊόντος. Ωστόσο, ο συνολικός όγκος που θα φορτωθεί στα φορτηγά με συντελεστή επιπλήσματος 1,4 θα είναι 3434,2m^3 εξορυσσόμενου προϊόντος. Τα υλικά να μεταφερθούν σε δεύτερο σημείο απόθεσης σε απόσταση 500m. Θα χρησιμοποιηθεί λαστιχοφόρος φορτωτής Komatsu, με χωρητικότητα 14m^3.Ο χρόνος για να φορτώσει στο φορτηγό το υλικό ανέρχεται περίπου στα 5min.Προσθέτουμε όμως και 10min ανά δρομολόγιο του φορτηγού για λοιπές εργασίες στην περιοχή της αρχικής απόθεσης. Έτσι, ο συνολικός χρόνος του φορτωτή θα είναι **15min** ανά δρομολόγιο.

5.2.4.3 Μεταφορά σε τελικό σημείο απόθεσης

Για την μεταφορά των προϊόντων της εξόρυξης, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, θα χρησιμοποιηθούν φορτηγά τύπου Mercedes 3535, των οποίων η χωρητικότητα είναι 14m^3.Θα πραγματοποιηθούν λοιπόν 245 δρομολόγια ώστε να μεταφερθεί όλος ο όγκος των εξορυσσόμενων προϊόντων στο τελικό σημείο απόθεσης.

Τα φορτηγά θα μετακινούνται με μέση ταχύτητα 40km/h χωρίς φορτίο και με 20km/h με φορτίο. Άρα, το δρομολόγιο θα γίνεται σε 2min και 15sec. Πρέπει να προσθέσουμε όμως και τον χρόνο που θα κάνει ο λαστιχοφόρος φορτωτής να φορτώσει το υλικό στο φορτηγό, ο οποίος όπως υπολογίστηκε θα είναι 5 λεπτά, καθώς και 3 περίπου λεπτά που είναι περίπου ο χρόνος της απόθεσης των υλικών από τα φορτηγά. Έτσι, ο συνολικός χρόνος ανά δρομολόγιο θα είναι **10min και 15sec**.

Σε μία 8ωρη βάρδια, το φορτηγό θα πραγματοποιεί συνολικά 6 δρομολόγια. Θα λειτουργεί δηλαδή για **61,5min ανά μέτωπο**.

5.2.5 Ξεσκάρωμα

Στην συγκεκριμένη φάση θα πρέπει να αποσπασθούν οι επισφαλείς όγκοι που έχουν παραμείνει από τις ανατινάξεις στην οροφή και στις παρειές των θαλάμων και που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα. Για την απόσπαση αυτών των όγκων θα χρησιμοποιηθεί ξεσκαρωτής Atlas Corpo Scaletec MC (Εικόνα 5.7) . Το ξεσκάρωμα θα πραγματοποιηθεί με το άνοιγμα της κάθε διατομής, αμέσως μετά την μεταφορά των υλικών από τον φορτωτή των υπογείων έργων. Ο χρόνος που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί το ξεσκάρωμα ανά διατομή εκτιμάται σε **15min**.

Εικόνα 5.7 Ξεσκαρωτής Atlas Corpo Scaletec MC

5.2.6 Άμεση Υποστήριξη

Μετά το ξεσκάρωμα θα πραγματοποιηθεί άμεση υποστήριξη του έργου. Στην φάση της άμεσης υποστήριξης ανήκουν οι εξής εργασίες:

- Υποστήριξη με ινοπλισμένο σκυρόδεμα
- Κοχλίωση της διατομής

Σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης RMR (Bieniawski, 1989) (Πίνακας 4.7), η βραχομάζα μας ανήκει στην κατηγορία III, μέτρια ποιοτικά βραχομάζα. Έτσι, σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης RMR, πρέπει να τοποθετηθούν αγκύρια τύπου Swellex σε κάνναβο στην οροφή του θαλάμου, μήκους 2mx2m, ώστε να εξασφαλίσουμε την άμεση προστασία της διατομής της εκσκαφής. Τελικά, για μεγαλύτερη ασφάλεια προτείνεται να χρησιμοποιηθούν αγκύρια τύπου Swellex σε κάνναβο στην οροφή του θαλάμου, μήκους 1,4mx1,4m . Η τοποθέτηση των αγκυρίων θα γίνει και σε αυτήν την φάση με διατρητικό κοχλίωσης τύπου Tamrock-Secoma Pluton 24 με ταχύτητα διάτρησης και εδώ 1,4m/min. Στην συνέχεια, θα εφαρμοστεί σκυρόδεμα C20/25 συνολικού πάχους 25cm, το οποίο όπως και στο ήδη υφιστάμενο έργο, θα περιέχει ειδικά πρόσμικτα για την υγρομόνωση (Πυριτική παιπάλη τύπου ELKEM Microsilica 920 D) σε κατάλληλη αναλογία, ώστε να αποκτήσει την κατάλληλη αντοχή σε λιγότερο χρόνο.

Στην αρχή θα επικαλυφθεί η επιφάνεια της κάθε διατομής με ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 10cm (προσωρινή υποστήριξη) και μετά από λίγο διάστημα με σκυρόδεμα πάχους 15cm (μόνιμη υποστήριξη). Έτσι, όλες οι επιφάνειες θα πρέπει να είναι απολύτως καθαρές από σκόνη, μπάζα, λάσπη, χαλαρά κομμάτια βράχων και οτιδήποτε άλλο υλικό. Στα σημεία που θα υπάρχουν διαρροές νερού από τον βράχο και όπου πρόκειται να τοποθετηθεί εκτοξευόμενο σκυρόδεμα το οποίο δεν θα μπορεί να σταματήσει την διαρροή, το νερό θα απομακρύνεται είτε με έμφραξη της πορείας του νερού είτε με σωλήνες. Τέλος, στην οροφή θα τοποθετηθεί και δομικό πλέγμα T188 (S500s) για την συγκράτηση επισφαλών όγκων.

5.2.6.1 Άμεση υποστήριξη με ινοπλισμένο σκυρόδεμα

Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για την προπαρασκευή, την ανάμιξη και την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα είναι υγρής ανάμιξης τύπου Normet spraymec 9150 WPC, τύπος εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε και στον ήδη υπόγειο συγκρότημα. Η ποσότητα χαλύβδινων ινών που θα ενσωματωθεί στο σκυρόδεμα κατά την διάρκεια της ανάμιξης θα είναι και εδώ 30 kg/m^3.

Τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή και την τοποθέτηση του σκυροδέματος θα είναι:

- Μονάδα παραγωγής εκτοξευόμενου σκυροδέματος με ισχύ 80KW και δυναμικότητα 30m^3/h. Η λειτουργία της ανά ημέρα θα είναι περίπου 15min.
- Μπετονιέρα με χωρητικότητα 10m^3. Η λειτουργία της ανά ημέρα θα είναι περίπου 10min.
- Πρέσα με μέγιστη δυναμικότητα εκτόξευσης 30m^3/h (σαν μέση ταχύτητα θα χρησιμοποιηθεί η ταχύτητα των 25m^3/h)

Πρώτα θα υπολογιστεί ο χρόνος επικάλυψης της εκάστοτε διατομής με ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 10cm. Έτσι, δίνονται τα εξής αποτελέσματα:

Κατά την πρώτη φάση, στην διάνοιξη των θαλάμων Ι και Ζ, με πλάτος διατομής 6m, περίμετρο 6,75m και μήκος προχώρησης 1,85m, για τα πρώτα 7m, ο όγκος του ινοπλισμένου σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθεί ανά διατομή θα είναι **2,91m^3** με συντελεστή αναπήδησης 1,2.Άρα, **θα χρειαστούμε 3,5m^3 σκυροδέματος**. Άρα, η διατομή καλυπτόταν με σκυρόδεμα σε περίπου **9min**. Για τα επόμενα 6m όμως των θαλάμων ο όγκος του ινοπλισμένου σκυροδέματος θα είναι **2,08m^3** με συντελεστή αναπήδησης 1,2, δηλαδή **2,5m^3** καθώς από την μεριά που συνορεύει ο θάλαμος Ι με τον θάλαμο K_1 και αντίστοιχα ο θάλαμος Ζ με τον K_2, δεν θα πρέπει να καλυφθούν οι συγκεκριμένες επιφάνειες με σκυρόδεμα, καθώς κατά την δεύτερη φάση θα διανοιχθούν οι συγκεκριμένοι θάλαμοι. Άρα, η διατομή από το σημείο αυτό και ύστερα θα καλυφθεί με σκυρόδεμα σε περίπου **6min.**

Αντίστοιχα, κατά την διάνοιξη των θαλάμων Θ και Η, με πλάτος διατομής 7m, περίμετρο 7,4m και μήκος προχώρησης 1,85m, για τα πρώτα 7m, θα χρησιμοποιηθούν ανά διατομή **3,03m^3**. Με συντελεστή αναπήδησης 1,2 θα χρησιμοποιηθούν **3,64m^3** οπλισμένου σκυροδέματος. Έτσι, η διατομή θα επικαλυφθεί με σκυρόδεμα σε περίπου **9min.** Για τα επόμενα 6m, τόσο για τον θάλαμο Θ στο σημείο συνάντησης με τον K_1 και K_2, όσο και για τον θάλαμο Η στο σημείο συνάντησης με τον K_2 και τον K_3, ο όγκος του ινοπλισμένου σκυροδέματος που θα χρειαστεί προκειμένου να καλυφθεί η εκάστοτε διατομή θα είναι **1,36m^3**. Με συντελεστή αναπήδησης 1,2 δηλαδή θα χρησιμοποιηθεί **1,64m^3** οπλισμένο σκυρόδεμα. Έτσι, ο χρόνος επικάλυψης με σκυρόδεμα για την κάθε διατομή θα είναι περίπου **7min**.

Με βάση όλα αυτά, δίνονται τα παρακάτω αποτελέσματα (Πίνακας 5.5):

Πίνακας 5.5 Αποτελέσματα Άμεσης Υποστήριξης με ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 10cm κατά την Α΄ Φάση

Θάλαμος	Μήκος	Όγκος Σκυροδέματος	Χρόνος
Ι και Ζ	**Πρώτα 7m**	**3,5m^3**	**9min**
Ι και Ζ	**Επόμενα 6m**	**2,5m^3**	**6min**
Θ και Η	**Πρώτα 7m**	**3,64m^3**	**9min**
Θ και Η	**Επόμενα 6m**	**1,64m^3**	**4min**

Κατά την δεύτερη φάση, στην διάνοιξη των θαλάμων K_1, K_2 και K_3, οι οποίοι έχουν το ίδιο μήκος (7m), με πλάτος διατομής 6m, περίμετρο 6,75m και μήκος προχώρησης 1,85m, θα χρησιμοποιηθούν **2,91m^3**. Με συντελεστή αναπήδησης 1,2 θα χρησιμοποιηθούν **3,5m^3**. Ο χρόνος επικάλυψης της διατομής με σκυρόδεμα ανέρχεται σε **9min**.

Έτσι, στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.6), παρουσιάζονται τα εξής:

Πίνακας 5.6 Αποτελέσματα Άμεσης Υποστήριξης με ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 10cm κατά την Β΄ Φάση

Θάλαμος	Μήκος	Όγκος Σκυροδέματος	Χρόνος
K_1, K_2 και K_3	**7m**	**3,5m^3**	**9min**

Άρα, ο μέσος χρόνος επικάλυψης της εκάστους επιφάνειας με ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 10cm, σύμφωνα και με τους Πίνακες 5.5 και 5.6, θα είναι για την πρώτη φάση 7min ενώ για την δεύτερη φάση 9min.

Τέλος, θα πρέπει να καλυφθεί με ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 10cm και το νότιο τοίχωμα της υπόγειας κατασκευής. Θα χρησιμοποιηθούν 3,8m^3 ινοπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή αναπήδησης 1,2 στο νότιο τοίχο των θαλάμων Ι και Ζ. Ο χρόνος επικάλυψής της θα είναι περίπου **10min.** Αντίστοιχα, για τον νότιο τοίχο των

θαλάμων Θ και Η, θα χρησιμοποιηθεί 4,6m^3 ινοπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή αναπήδησης 1,2, για επιφάνεια με εμβαδόν 38.07m^2. Ο χρόνος για να καλυφθεί η κάθε επιφάνεια εκτιμάται να είναι **11min**

Αντίστοιχα, παρακάτω υπολογίζονται, με τον ίδιο τρόπο, οι χρόνοι για την επικάλυψη της εκάστοτε διατομής με σκυρόδεμα πάχους 15cm, καθώς και η τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος στην οροφή. Έτσι, δίνονται οι εξής πίνακες (Πίνακας 5.7 και Πίνακας 5.8):

Πίνακας 5.7 Αποτελέσματα Άμεσης Υποστήριξης με σκυρόδεμα πάχους 15cm στους κάθετους θαλάμους Ι, Ζ Η και Θ

Θάλαμος	Μήκος	Όγκος Σκυροδέματος	Χρόνος
Ι και Ζ	**Πρώτα 7m**	**5,24m^3**	**13min**
Ι και Ζ	**Επόμενα 6m**	**3,75m^3**	**9min**
Θ και Η	**Πρώτα 7m**	**5,5m^3**	**13min**
Θ και Η	**Επόμενα 6m**	**2,5m^3**	**6min**

Πίνακας 5.8 Αποτελέσματα Άμεσης Υποστήριξης με σκυρόδεμα πάχους 15cm στους οριζόντιους θαλάμους K_1, K_2 και K_3

Θάλαμος	Μήκος	Όγκος Σκυροδέματος	Χρόνος
K_1, K_2 και K_3	**7m**	**5,3m^3**	**13min**

Άρα, ο μέσος χρόνος επικάλυψης της εκάστους επιφάνειας με σκυρόδεμα πάχους 15cm, σύμφωνα και με τους Πίνακες 5.7 και 5.8, θα είναι για τους θαλάμους Ι, Ζ, Η, και Θ 10min ενώ για τους θαλάμους K_1, K_2 και K3 13min. Προσθέτοντας όμως και 10min για την τοποθέτηση του μεταλλικού πλέγματος καθώς και νεκρούς χρόνους ανάμεσα στις εργασίες, οι χρόνοι γίνονται 20min και 23min αντίστοιχα.

Τέλος, θα πρέπει να και εδώ αντίστοιχα να καλυφθεί με σκυρόδεμα πάχους 15cm το νότιο τοίχωμα της κατασκευής μας. Θα χρησιμοποιηθούν 5,6m^3 με συντελεστή αναπήδησης 1,2 στο νότιο τοίχο των θαλάμων Ι και Ζ. Ο χρόνος επικάλυψής της θα είναι περίπου **14min.** Αντίστοιχα, για τους θαλάμους Θ και Η, θα χρησιμοποιηθεί 6,85m^3 σκυροδέματος με συντελεστή αναπήδησης 1,2, για επιφάνεια με εμβαδόν 38.07m^2. Ο χρόνος για να καλυφθεί η κάθε επιφάνεια εκτιμάται να είναι **17min.**

Η επικάλυψη της κάθε επιφάνειας με σκυρόδεμα πάχους 15cm καθώς και με μεταλλικό πλέγμα, μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε στάδιο του έργου.

5.2.6.2 Κοχλίωση της οροφής

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, θα χρησιμοποιηθούν αγκύρια Swellex σε κάνναβο στην οροφή του θαλάμου, μήκους 1,4mx1,4m. Η τοποθέτηση των αγκυρίων θα γίνει και σε αυτήν την φάση με διατρητικό κοχλίωσης τύπου Tamrock-Secoma Pluton 24 με ταχύτητα και εδώ 1,4m/min. Το μήκος των αγκυρίων θα είναι 3,5m άρα και των διατρημάτων.

Σε διατομή με πλάτος 6m θα τοποθετηθούν 5 αγκύρια Swellex. Η ολοκλήρωση της όρυξης των διατρημάτων των κοχλιών θα πραγματοποιηθεί σε 15min. Στην συνέχεια, για να πραγματοποιηθεί η τοποθέτηση των αγκυρίων απαιτείται 2min ανά αγκύριο. Άρα, η τοποθέτηση των αγκυρίων ανά διατομή θα πραγματοποιηθεί σε 10min. Επίσης, θα χρειαστούμε άλλα 10min ανά διατομή για διάφορες εργασίες. Έτσι, ο συνολικός χρόνος της κοχλίωσης ανά διατομή θα είναι **35min**.

Αντίστοιχα, σε διατομή πλάτους 7m θα τοποθετήσουμε 6 αγκύρια Swellex. Η ολοκλήρωση των διατρημάτων θα πραγματοποιηθεί σε 18min. Στην συνέχεια, για να πραγματοποιηθεί η τοποθέτηση των αγκυρίων απαιτείται 2min ανά αγκύριο. Άρα, η τοποθέτηση των αγκυρίων ανά διατομή θα πραγματοποιηθεί σε 12min. Επίσης, θα χρειαστούμε άλλα 10min ανά διατομή για διάφορες εργασίες. Έτσι, ο συνολικός χρόνος της κοχλίωσης ανά διατομή θα είναι **40min**.

Ο μέσος χρόνος της κοχλίωσης, σύμφωνα και με τον Πίνακα 5.9, θα είναι λοιπόν 37,5min.

Πίνακας 5.9 Αποτελέσματα Κοχλίωσης της κάθε Διατομής

Πλάτος Διατομής	Αριθμός Αγκυρίων	Χρόνος
6m	**5**	**35min**
7m	**6**	**40min**

5.3 Χρόνος κύκλου εργασιών ανά βάρδια

Υπολογίζοντας συνολικά τον μέσο χρόνο που χρειάζεται να πραγματοποιηθεί η διάνοιξη μιας διατομής, καθώς και ο μέσος χρόνος όλων των εργασιών που πραγματοποιούνται, δίνεται ο εξής πίνακα (Πίνακας 5.10):

Πίνακας 5.10 Χρόνος κύκλου εργασιών ανά φάση

ΕΡΓΑΣΙΕΣ	Α΄ ΦΑΣΗ	Β΄ ΦΑΣΗ
Διάτρηση	**76min**	**72,5min**
Γόμωση-Ανατίναξη	**61,3min**	**58,3min**
Αερισμός	**20min**	**20min**
Ξεσκάρωμα	**15min**	**15min**
Μεταφορά	**261,7min**	**246,9min**
Υποστήριξη	**43min**	**45min**
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	**489min**	**458,7min**

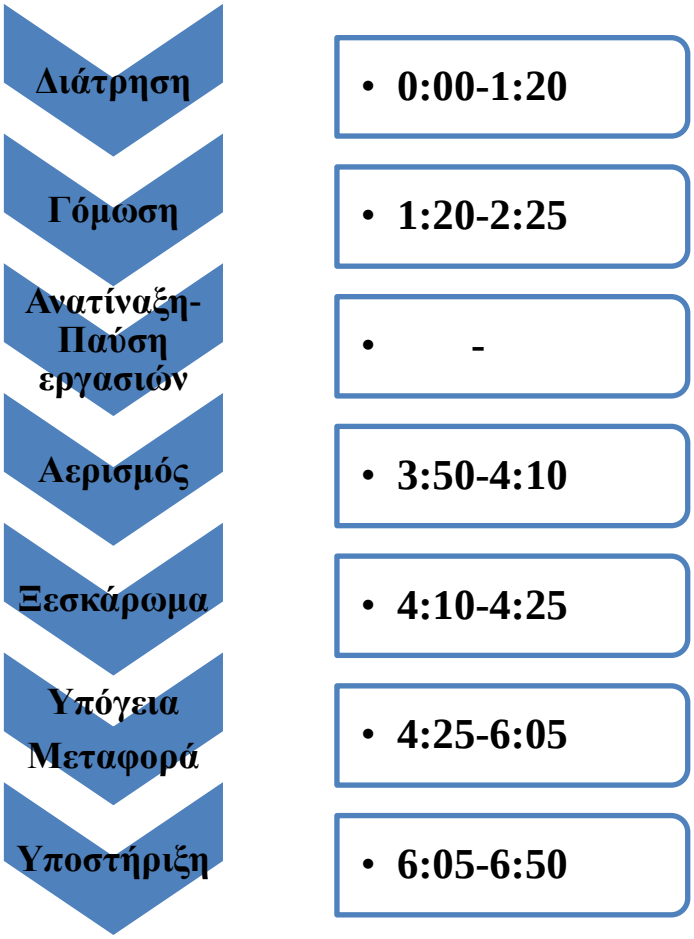
Σύμφωνα λοιπόν με τους χρόνους που έχουν υπολογιστεί, σε μία βάρδια μπορούν να πραγματοποιούνται εργασίες σε δύο διαφορετικά μέτωπα. Έτσι, διακρίνεται στα παρακάτω διαγράμματα ότι, ξεκινάει αρχικά η διάτρηση στο πρώτο μέτωπο, αλλά στο δεύτερο μέτωπο η διάτρηση ξεκινάει 90min αργότερα, δηλαδή 76min που διαρκεί η διαδικασία της διάτρησης στην πρώτη φάση καθώς και 15min μέχρι να τοποθετηθεί σε θέση για να αρχίσει η διάτρηση στο δεύτερο μέτωπο, μιας και προτείνεται να χρησιμοποιηθεί το ίδιο διατρητικό φορείο. Επίσης, στο πρώτο μέτωπο η εργασία του αερισμού ξεκινάει 90min αργότερα, καθώς πρώτα πρέπει να ολοκληρωθούν οι

ανατινάξεις και στα δύο μέτωπα και στην συνέχεια να ξεκινήσει η διαδικασία του αερισμού. Τέλος, πρώτα θα γίνεται εξ' ολοκλήρου η υπόγεια μεταφορά του εξορυσσόμενου υλικού σε χώρο απόθεσης εκτός του υπόγειου συγκροτήματος και στην συνέχεια θα μπαίνουν σε λειτουργία τα ο υπαίθριος φορτωτής και τα φορτηγά, ανεξάρτητα από τον υπόλοιπο κύκλο εργασιών.

Εντός της Βάρδιας είναι και η Υπαίθρια Μεταφορά, η οποία θα ξεκινήσει ταυτόχρονα με την Υποστήριξη και θα ολοκληρωθεί μετά από 151min. Έτσι, το έργο θα έχει ολοκληρωθεί σε 20 εργάσιμες ημέρες, καθώς κάθε μέρα θα ολοκληρώνονται δύο κύκλοι εργασιών.

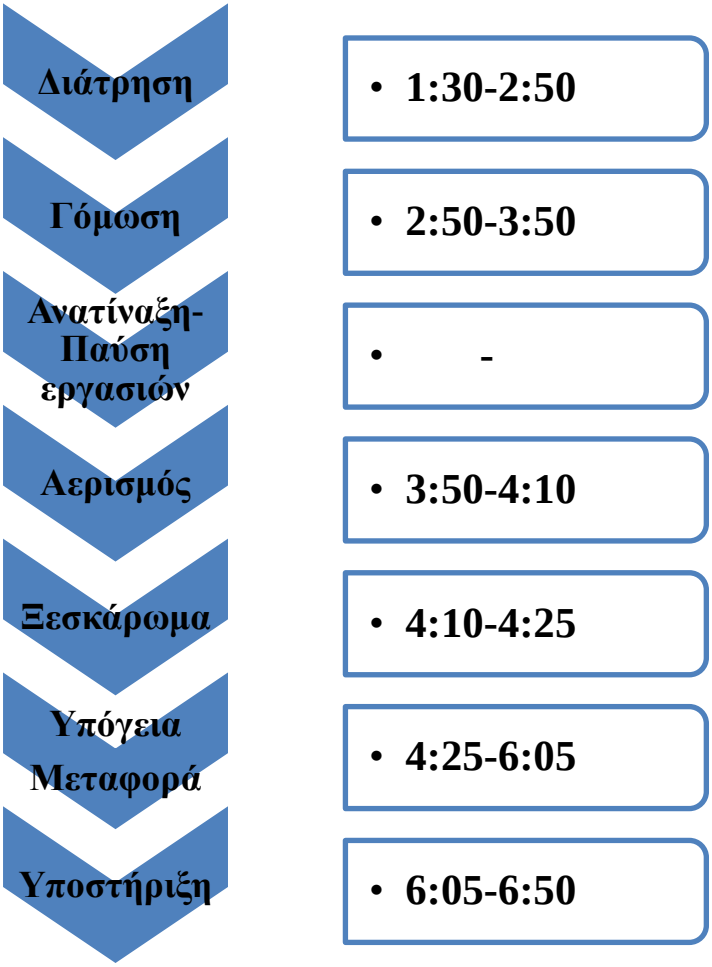
- Βάρδια πρώτη (8ωρη) στο Πρώτο Μέτωπο (Πίνακας 5.11):

Πίνακας 5.11 Σχεδιάγραμμα πρώτης Βάρδιας στο πρώτο μέτωπο εργασιών



- Βάρδια πρώτη (8ωρη) στο Δεύτερο Μέτωπο (Πίνακας 5.12):

Πίνακας 5.12 Σχεδιάγραμμα πρώτης Βάρδιας στο δεύτερο μέτωπο εργασιών



Σύμφωνα λοιπόν με τους παραπάνω πίνακες, μέσα σε μία 8ωρη βάρδια μπορούν να πραγματοποιηθούν εργασίες σε δύο διαφορετικά μέτωπα, με αποτέλεσμα το υπόγειο έργο να μπορεί να ολοκληρωθεί σε λιγότερο χρόνο.

Τέλος, με την ολοκλήρωση του έργου δίνονται τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 5.13):

Πίνακας 5.13 Συνολικά Αποτελέσματα

Συνολικό Μήκος Διάτρησης	**4965m**
Συνολικός Όγκος εξορυσσόμενου υλικού(με συντελεστή επιπλήσματος 1,2	**3434.2m^3**
Συνολικός Όγκος ινοπλισμένου σκυροδέματος	**246m^3**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας Jumbo (Διάτρηση-Κοχλίωση)	**4374min (73h)**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας υπόγειου φορτωτή	**4218,4min (70h)**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας υπέργειου φορτωτή	**3600min (60h)**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας φορτηγών	**2460min (41h)**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας ξεσκαρωτή	**600min (10h)**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας πλατφόρμας γόμωσης	**1200min (20h)**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας Μονάδας παραγωγής εκτοξευόμενου σκυροδέματος	**300min (5h)**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας Μπετονιέρας	**200min (3,3h)**
Συνολικός χρόνος Λειτουργίας Πρέσας	**600min (10h)**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΚΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

6.1 Εισαγωγή

Μια μελέτη για ένα τεχνικό έργο για να θεωρείται ολοκληρωμένη πρέπει να περιλαμβάνει και στοιχεία σχετικά με την εκτίμηση του κόστους κατασκευής του. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η χρηματοδότηση του έργου ή όχι, καθώς, ανάλογα με το κόστος του εξαρτάται και η κατασκευή του.

Γενικά, η πραγματοποίηση του υπολογισμού του κόστους προϋποθέτει τον προσδιορισμό ενός αριθμού παραμέτρων όπως είναι:

- Η εκτίμηση του προς εξόρυξη όγκου υλικών
- Η ετήσια δυναμικότητα και η διάρκεια των εργασιών
- Η απαιτούμενη δαπάνη επένδυσης

Στην αρχή με βάση τις παραπάνω παραμέτρους υπολογίζονται ορισμένα μεγέθη της παραγωγής όπως η ημερήσια δυναμικότητα, απαιτούμενος αριθμός προσωπικού κ.α. Στην συνέχεια, σύμφωνα με τα παραπάνω μεγέθη δημιουργούμε το χρονοδιάγραμμα των εργασιών. Το χρονοδιάγραμμα εργασιών είναι αρκετά σημαντικό στάδιο καθώς σύμφωνα με αυτό θα πραγματοποιηθούν όλες οι εργασίες για το συγκεκριμένο έργο και με βάση αυτό θα πραγματοποιηθεί κ η οικονομοτεχνική μελέτη για το έργο. Το χρονοδιάγραμμα εργασιών περιλαμβάνει:

- Διαχωρισμός σε βάρδιες
- Ώρες έναρξης και λήξης των εργασιών
- Αριθμός και τύπος μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν
- Αριθμός εργατών
- Βοηθητικές εργασίες

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί το κόστος κατασκευής των δύο επεκτάσεων που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο του Λαυρίου. Και οι δύο επεκτάσεις αναμένεται να έχουν το ίδιο κόστος, καθώς προτείνεται να κατασκευαστούν με τον ίδιο τρόπο, αφού η Β΄ Επέκταση είναι αντικατοπτρική εικόνα της Α΄ Επέκτασης.

6.2 Ανάλυση Κόστους

Η διαδικασία υπολογισμού του κόστους χωρίζεται στα εξής επιμέρους κόστη:

- Λειτουργικό κόστος εξόρυξης
- Δαπάνες προσωπικού
- Απόσβεση κεφαλαίου
- Διάφορα έξοδα
- Απρόβλεπτα

Στις λειτουργικές δαπάνες εξόρυξης υπολογίζονται όλες οι διακριτές φάσεις που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια της εξόρυξής όπως: διάτρηση, γόμωση, ανατίναξη, φόρτωση, μεταφορά, αερισμός. Οι δαπάνες προσωπικού αφορούν τους μισθούς για τους εργάτες, τους τεχνίτες, τους μηχανικούς καθώς και το διοικητικό προσωπικό. Οι αποσβέσεις αφορούν τις λογιστικές αποσβέσεις και το κόστος κτήσης του κεφαλαίου. Τα λοιπά έξοδα περιλαμβάνουν το κόστος θραύσης-ταξινόμησης και τα γενικά έξοδα λειτουργίας των κτιριακών εγκαταστάσεων όπως ενοίκια, θέρμανση, κ.α. Τέλος, πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα απρόβλεπτα έξοδα, τα οποία δεν γίνεται να προβλεφθούν, ωστόσο δεν παύουν να υφίστανται όπως σε όλα τα τεχνικά έργα.

6.2.1 Λειτουργικό κόστος εξόρυξης

Στις λειτουργικές δαπάνες εκμετάλλευσης υπολογίζονται τα εξής κόστη:

- Κόστος διάτρησης
- Κόστος υποστήριξης
- Κόστος γόμωσης-πυροδότησης
- Κόστος φόρτωσης-μεταφοράς
- Κόστος αερισμού

1. Κόστος διάτρησης

Για να υπολογίσουμε το κόστος της διάτρησης πρέπει να υπολογίσουμε το κόστος τα εξής κόστη:

I. Κόστος κορώνας
II. Κόστος διατρητικού στελέχους
III. Κόστος διατρητικού φορείου

Αυτά υπολογίζονται ως εξής:

I. Κόστος κορώνας

—— (€/t) και — **(6.1)**

Όπου:

: κόστος αγοράς της κορώνας

: διάρκεια της ζωής της κορώνας σε μέτρα

: μέτρα διάτρησης ανά έτος

Ν: ο αριθμός των κοπτικών που απαιτούνται σε ετήσια βάση

Π: ετήσια παραγωγή

II. Κόστος διατρητικού στελέχους

—— και — **(6.2)**

Όπου:

: το κόστος αγοράς του διατρητικού στελέχους

: η διάρκεια ζωής του σε μέτρα

III. Κόστος διατρητικού φορείου

Θα πρέπει να υπολογίσουμε πόσο μας κοστίζει η λειτουργία του διατρητικού μας φορείου κάθε ώρα λειτουργίας του.

Έτσι, το κόστος διάτρησης προκύπτει αθροίζοντας όλα τα παραπάνω κόστη:

(6.3)

Όπου K_{Δ}: η τιμή αγοράς του διατρητικού φορείου

2. Κόστος υποστήριξης

Το κόστος υποστήριξης αναλύεται στα εξής επιμέρους κόστη:

- Κόστος διατρητικού κοχλίωσης
- Κόστος στοιχείων υποστήριξης (κοχλίες και μεταλλικό πλέγμα)

Για το πρώτο ακολουθείται η ίδια μεθοδολογία όπως στη φάση της διάτρησης, ενώ το κόστος των στοιχείων υποστήριξης υπολογίζεται ως εξής:

I. Κόστος κοχλίωσης

(6.4)

Όπου:

N_{κ}: ο αριθμός των κοχλιών που τοποθετούνται

C_R: το κόστος του κάθε κοχλία

Π: η ετήσια παραγωγή των μεταλλείων

ΙΙ. Κόστος μεταλλικού πλέγματος

(6.5)

Όπου:

Α: η επιφάνεια της οροφής όπου θα τοποθετηθεί το μεταλλικό πλέγμα

C_{Π}: το κόστος του ανά m^2

Οπότε το συνολικό κόστος της υποστήριξης θα είναι το αποτέλεσμα του αθροίσματος όλων των παραπάνω αποτελεσμάτων. Δηλαδή:

(6.6)

Όπου $K_{\Delta K}$: το κόστος του διατρητικού φορείου

3. Κόστος γόμωσης-πυροδότησης

Το κόστος της γόμωσης-πυροδότησης υπολογίζεται ως εξής:

(6.7)

Όπου:

V: συνολική ποσότητα των εκρηκτικών υλών

C_{EY}: το κόστος των εκρηκτικών υλών

Επίσης υπολογίζουμε και τα κόστη των καψυλίων και των γραμμών πυροδότησης ($K_{K\text{-}\Gamma}$). Αν χρησιμοποιηθεί πλατφόρμα γόμωσης (K_{Π}), τότε η συμμετοχή της υπολογίζεται σε αντιστοιχία με το διατρητικό φορείο (ιπποδύναμη, κατανάλωση, κτλ.). Επομένως το συνολικό κόστος γόμωσης-πυροδότησης είναι:

(6.8)

4. Κόστος φόρτωσης-μεταφοράς

Για την μεταφορά και την φόρτωση γίνονται οι εξής διαδικασίες:

- Υπόγεια φόρτωση και μεταφορά τους σε σημείο έξω από την προσπελαστική σήραγγα
- Υπέργεια φόρτωση από το συγκεκριμένο σημείο σε φορτηγό
- Μεταφορά με φορτηγό σε τελικό σημείο απόθεσης

Άρα, θα πρέπει να υπολογίσουμε πόσο θα μας κοστίσει η λειτουργία των συγκεκριμένων μηχανημάτων για κάθε ώρα λειτουργίας τους.

5. Κόστος αερισμού

Το κόστος του αερισμού αναλύεται στα εξής επιμέρους κόστη:

I. Κόστος ηλεκτρικού ρεύματος

Το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος που καταναλώνουν οι ανεμιστήρες υπολογίζεται ως εξής:

(6.9)

Όπου:

W_A: η ισχύς των ανεμιστήρων

Τ: οι ώρες λειτουργίας

C_E: το κόστος της ηλεκτρικής κιλοβατώρας

Π: η ετήσια παραγωγή

II. Κόστος σωληνώσεων αερισμού

Το κόστος των σωληνώσεων αερισμού υπολογίζεται ως εξής:

Όπου:

L_{Σ}: το συνολικό μήκος του χρησιμοποιημένου σωλήνα ανά έτος

C_{Σ}: το κόστος ανά μονάδα μήκους

Επομένως, το συνολικό λειτουργικό κόστος εξόρυξης θα είναι:

6.2.2 Δαπάνες Προσωπικού

Οι δαπάνες προσωπικού υπολογίζονται ξεχωριστά για τους απλούς εργάτες, τους χειριστές μηχανημάτων και τους μηχανικούς. Έτσι υπολογίζονται τα εξής:

I. Εργάτες

Όπου:

Ε: το ωρομίσθιο των εργατών

Τ: οι ώρες απασχόλησής τους

II. Χειριστές μηχανημάτων

6.2.3 Απόσβεση Κεφαλαίου

Οι αποσβέσεις αναλύονται σε δύο παράγοντες, τις λογιστικές αποσβέσεις A_K και το κόστος κτήσης του κεφαλαίου O_K. Οι πρώτες υπολογίζονται ετησίως για κάθε μηχάνημα με βάση την αξία αγοράς του C, τις ώρες λειτουργίας του ανά έτος T_Y, την διάρκεια ζωής του μηχανήματος σε ώρες L_T και την ετήσια δυναμικότητα παραγωγής Π. Έτσι, υπολογίζονται τα εξής:

Το κόστος κτήσης του κεφαλαίου προκύπτει από την αξία αγοράς C, τις ώρες λειτουργίας ανά έτος $Τα_Y$, την διάρκεια ζωής του μηχανήματος σε έτη n και το επιτόκιο εξόφλησης ε. Έτσι υπολογίζονται τα εξής:

Ωστόσο, στο συγκεκριμένο έργο δεν θα χρησιμοποιηθεί αρχικό κεφάλαιο, οπότε ο συγκεκριμένος τύπος δεν θα ληφθεί υπ' όψιν στην εκτίμηση του κόστους της κατασκευής του υπόγειου χώρου.

6.2.4 Λοιπά Έξοδα

Τα λοιπά έξοδα περιλαμβάνουν το κόστος θραύσης-ταξινόμησης και τα γενικά έξοδα λειτουργίας των κτιριακών εγκαταστάσεων (ενοίκια, θέρμανση κτλ.).Με εξαίρεση το κόστος θραύσης, τα υπόλοιπα έξοδα υπολογίζονται ως ένα ποσοστό μεταξύ 5 και 10 % των συνολικών λειτουργικών εξόδων του έργου.

6.2.5 Συνολικό Κόστος Κατασκευής

Το συνολικό πραγματικό κόστος εξόρυξης ανά τόνο από τις εργασίες όρυξης θα είναι το άθροισμα του λειτουργικού κόστους εκμετάλλευσης, των δαπανών προσωπικού, των λοιπών εξόδων και των αποσβέσεων κεφαλαίου.

6.3 Εκτίμηση κόστους Επεκτάσεων

Για να υπολογιστεί το συνολικό κόστος της υπόγειας κατασκευής, θα πρέπει να υπολογίσουμε τα επιμέρους κόστη της εκμετάλλευσης, του προσωπικού, του κεφαλαίου και λοιπά έξοδα. Και οι δύο προτεινόμενες επεκτάσεις προβλέπεται να έχουν το ίδιο κόστος, καθώς η διάνοιξή τους πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο και τα υλικά που προτείνονται να χρησιμοποιηθούν προβλέπεται να είναι τα ίδια.

6.3.1 Κόστος εξόρυξης

1. **<u>Κόστος διάτρησης</u>**

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακα 6.1) η αξία της κορώνας, του διατρητικού φορείου και της μούφας του διατρητικού φορείου είναι γνωστές. Έτσι, υπολογίζονται τα εξής:

Πίνακας 6.1 Τιμές Διατρητικού Στελέχους

Είδος	Τιμή (€)	Διάρκεια ζωής (m)
Κοπτική κορώνα	80	600
Στέλεχος διατρητικού φορείου(Αρχικό)	200	2.000
Μούφα διατρητικού φορείου	80	4.000
Στέλεχος διατρητικού φορείου	270	2.000

Το συνολικό μήκος των διατρημάτων σε όλο τον υπόγειο χώρο θα είναι **4965m**. Άρα σύμφωνα με την σχέση 6.1 θα χρησιμοποιηθούν συνολικά **8 κορώνες** και **το συνολικό τους κόστος θα είναι 640€.**

Θα χρησιμοποιηθούν συνολικά **2 στελέχη διατρητικού φορείου(Αρχικό)**, και σύμφωνα με την σχέση 6.2 **το κόστος τους θα είναι συνολικά 400€.**

Επίσης, θα χρησιμοποιηθούν συνολικά **4 στελέχη διατρητικού φορείου** και σύμφωνα με την σχέση 6.2 **το κόστος τους θα είναι συνολικά 1.080€.**

Τέλος, θα χρησιμοποιηθούν **2 μούφες διατρητικού φορείου** και το κόστος τους θα είναι **160€**

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.2), υπολογίζεται το κόστος του διατρητικού φορείου:

Πίνακας 6.2 Χαρακτηριστικά-Κόστος/Ώρα Διατρητικού Φορείου κατά την εργασία της Διάτρησης

Τύπος	Μάρκα	Ισχύς	Ώρες λειτουργίας (min)	Κόστος/Ώρα	Συνολικό Κόστος
Διατρητικό φορείο	**Tamrock Secoma Pluton 24**	75HP	2974min	35€/h	1.750€

Άρα, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω κόστη, **<u>το συνολικό κόστος της διάτρησης ανέρχεται στα 4.030€.</u>**

2. **<u>Κόστος υποστήριξης</u>**.

Αρχικά, θα πρέπει να υπολογιστεί το κόστος των κοχλιών που θα χρησιμοποιηθούν. Γνωρίζουμε ότι θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 214 κοχλίες με τιμή 28€/τεμάχιο. Συνοδεύονται όμως και από πλάκες αγκύρωσης, με κόστος 2€/τεμάχιο. Έτσι, η τιμή

τους ανέρχεται στα 30€/τεμάχιο. Άρα, το **συνολικό κόστος των αγκυρίων θα είναι 6.420€,** σύμφωνα με την σχέση 6.4**.**

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί δομικό πλέγμα στην οροφή για να προστατευτεί η κατασκευή από επισφαλής όγκους. Συνολικά θα καλυφθούν 500m^2 οροφής. Το δομικό πλέγμα είναι T188(S500s) με διαστάσεις 5X2,15 και βάρος 31,92kg ανά τεμάχιο(δηλαδή 2,97kg/m^2). Η τιμή του είναι 1€/kg. Άρα, σύμφωνα με την σχέση 6.5 **το συνολικό κόστος του δομικού πλέγματος θα είναι 1.486€.**

Πρέπει να υπολογιστεί, επίσης, το κόστος του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθεί. Θα χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα C20/25 με τιμή 55€/m^3. Ο συνολικός όγκος του σκυροδέματος θα είναι 246m^3. Άρα, το **συνολικό κόστος του σκυροδέματος θα είναι 13.530€.**

Αντίστοιχα, το σκυρόδεμα θα αποτελείται, όπως αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, από ίνες και πυριτική παιπάλη. Η αναλογία τους με το σκυρόδεμα είναι η εξής. Σε 1 m^3 εκτοξευόμενου σκυροδέματος περιέχονται 25kg ίνες με τιμή 1,5€/kg καθώς και 25kg πυριτικής παιπάλης με τιμή 2€/kg. Ο συνολικός όγκος του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι 200,628m^3, οπότε θα χρησιμοποιηθούν 5015,7kg ίνες και 5015,7kg πυριτική παιπάλη. **Το κόστος τους θα είναι 7.523,55€ για τις ίνες και 10.031€ για την πυριτική παιπάλη.**

Τέλος, πρέπει να υπολογιστεί το κόστος του διατρητικού φορείου. Θα χρησιμοποιηθεί το ίδιο μηχάνημα για την κοχλίωση με αυτό της διάτρησης. Έτσι, με βάση τον Πίνακα 6.3, υπολογίζονται τα εξής:

Πίνακας 6.3 Χαρακτηριστικά-Κόστος/Ώρα Διατρητικού Φορείου κατά την εργασία της Υποστήριξης

Τύπος	Μάρκα	Ισχύς	Ώρες λειτουργίας (min)	Κόστος/Ώρα	Συνολικό Κόστος
Διατρητικό φορείο	**Tamrock Secoma Pluton 24**	75HP	1400min	35€/h	**805€**

<u>Άρα, το συνολικό κόστος της υποστήριξης ανέρχεται στα 39.796€.</u>

3. <u>Κόστος γόμωσης-πυροδότησης</u>

Για να υπολογιστεί το κόστος της γόμωσης, πρέπει να υπολογιστεί πόση εκρηκτική ύλη θα χρησιμοποιηθεί, πόσα καψύλλια καθώς και πόσους συνδέσμους δέσμης. Έτσι υπολογίζονται τα εξής:

- Στους θαλάμους Ι, Θ, Η και Ζ με μήκος διατρήματος 2,05m και συνολικά 1946 διατρήματα, θα τοποθετηθούν ανά διάτρημα 5 φυσίγγια ζελατινοδυναμίτιδας με βάρος φυσιγγίου 0,21kg. Γνωρίζουμε ότι η τιμή ανέρχεται στα 2€/kg. Έτσι, θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 9730 φυσίγγια συνολικού βάρους 2043kg περίπου και **συνολικού κόστους 4.086€.**
- Στους θαλάμους K_1, K_2 και K_3 με μήκος διατρήματος 1,95m και συνολικά 780 διατρήματα, θα χρησιμοποιηθούν 5 φυσίγγια ανά διάτρημα. Άρα θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 3900 φυσίγγια. Το συνολικό τους βάρος θα είναι 819kg και το **κόστος τους 1.638€.**

Άρα, το συνολικό κόστος των φυσιγγίων που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι 5.725€.

Επίσης, γνωρίζουμε ότι θα υπάρχουν συνολικά 2726 διατρήματα. Άρα, και τόσα καψύλλια με τιμή 2,20€/τεμάχιο.Έτσι, **το κόστος των καψυλλίων ανέρχεται στα 5997€.**

Για το έναυσμα των καψυλλίων θα χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι δέσμης που αποτελούνται από θηλιές ακαριαίας θρυαλλίδας των 5 gr/m PETN με τιμή 1€/τεμάχιο. Για κάθε ανατίναξη θα γίνει χρήση 4 συνδέσμων δέσμης. Συνολικά, θα πραγματοποιηθούν 40 ανατινάξεις. Άρα, θα χρησιμοποιηθούν 160 σύνδεσμοι δέσμης με **συνολικό κόστος 160€.**

Οι γραμμές πυροδότησης κοστίζουν 0,3€/διάτρημα.Άρα.συνολικά **θα κοστίσουν 818€.**

<u>Άρα το συνολικό κόστος της γόμωσης-πυροδότησης θα είναι 12.699€.</u>

4. Κόστος ξεσκαρωτή

Για την απόσπαση των επισφαλών όγκων θα χρησιμοποιηθεί ξεσκαρωτής τύπου εκσκαφέας ανεστραμένου κάδου-τσάπα Liebherr R912 LITRONIC. Συνολικά θα λειτουργήσει 600min (10h) με κόστος ανά ώρα 35€/h. Άρα, **<u>το συνολικό του κόστος θα είναι 350€.</u>**

5. Κόστος φόρτωσης-μεταφοράς

Στο κόστος φόρτωσης-μεταφοράς πρέπει να συμπεριληφθούν τα κόστη λειτουργίας των τριών μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για την μεταφορά των προϊόντων των ανατινάξεων από το κάθε μέτωπο ανατίναξης έως το τελικό σημείο απόθεσης. Τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν και τα χαρακτηριστικά τους είναι τα εξής σύμφωνα με τον Πίνακα 6.4:

Πίνακας 6.4 Χαρακτηριστικά-Κόστος/Ώρα φορτωτών

Τύπος	Μάρκα	Ισχύς	Ώρες λειτουργίας (min)	Κόστος/Ώρα	Συνολικό Κόστος
Φορτωτής υπογείων	**Wagner ST8B**	275HP	4218,4min	50€/h	3515€
Φορτωτής υπέργειων	**λαστιχοφόρος φορτωτής Komatsu**	190HP	3600min	35€/h	2100€
Φορτηγό μεταφοράς μπαζών	**Mercedes 3535**	350HP	2460min	40€/h	1640€

<u>Άρα, το συνολικό κόστος της φόρτωσης-μεταφοράς θα είναι 7.255€.</u>

6. Κόστος αερισμού

Για τον αερισμό θα χρησιμοποιηθεί ανεμιστήρας με ισχύ 90kW. Ο ανεμιστήρας θα λειτουργεί για 20 ημέρες, όσο χρόνο θα διαρκέσουν οι εργασίες για την κατασκευή του υπόγειου χώρου και καθ' όλη την διάρκεια της κάθε βάρδιας. Έτσι, **το κόστος του ανεμιστήρα εκτιμάται ότι θα είναι 720€.**

Τέλος, απαραίτητο είναι το πανί αερισμού που χρησιμοποιείται με τον ανεμιστήρα. Θα χρησιμοποιηθούν περίπου 43m από αυτό (33m περίπου από την είσοδο του φρέατος μέχρι τον θάλαμο Θ και 10m εφεδρικά μέτρα για τυχόν φθορές), με τιμή 20€/m. Άρα, **το κόστος ανέρχεται στα 660€.**

Το κόστος λοιπόν του αερισμού ανέρχεται στα 1.380€.

7. Κόστος μηχανημάτων παραγωγής σκυροδέματος

Τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του σκυροδέματος θα είναι τα εξής σύμφωνα με τον Πίνακα 6.5:

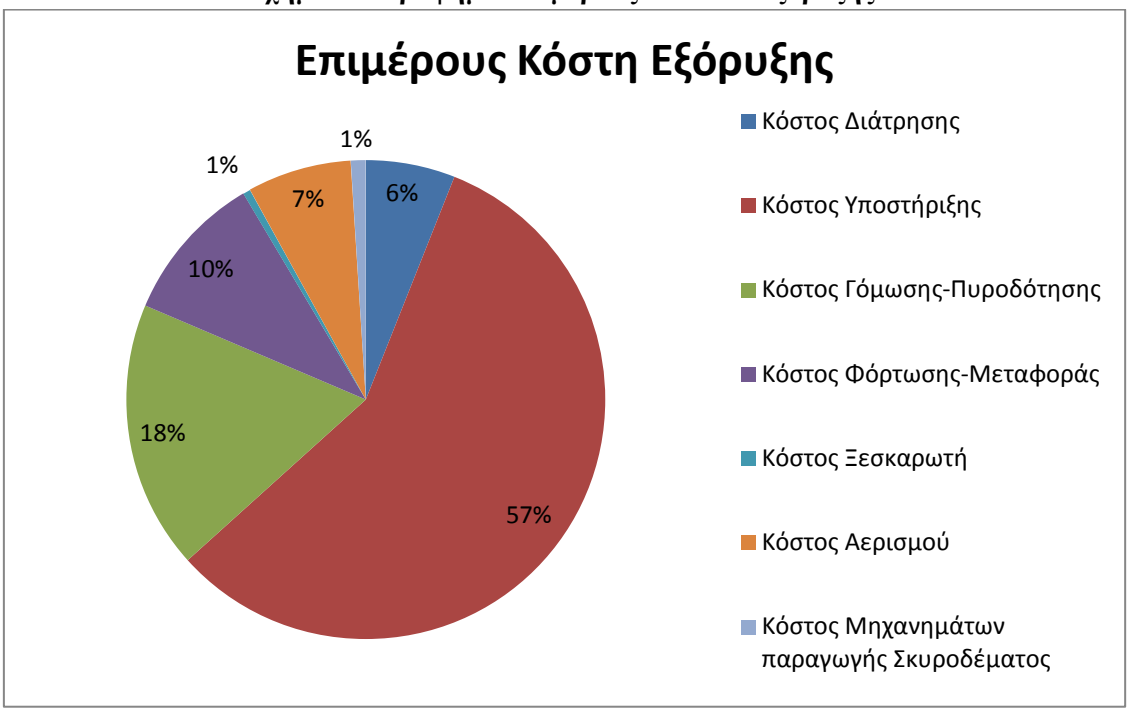
Πίνακας 6.5 Χαρακτηριστικά-Κόστος/Ώρα μηχανημάτων παραγωγής σκυροδέματος

Μηχανήματα	Συνολικές ώρες λειτουργίας	Μέση τιμή κόστους ανά ώρα	Συνολικό Κόστος
Μονάδα παραγωγής σκυροδέματος	5	54,10€	**270,50€**
Μπετονιέρα	3,3	62,97€	**207,80€**
Πρέσα	11,1	16,80€	**186,48€**

Άρα, το συνολικό κόστος της εξόρυξης ανέρχεται στα 66.175€ περίπου.

Το πιο σημαντικό κόστος από τα επιμέρους κόστη της εξόρυξης φαίνεται ότι είναι το κόστος της υποστήριξης, όπως διακρίνεται και στο παρακάτω γράφημα με ποσοστό 57% επί του συνολικού κόστους εξόρυξης (Σχήμα 6.1):

Σχήμα 6.1 Γράφημα Επιμέρους Κοστών Εξόρυξης



6.3.2 Δαπάνες προσωπικού

Για να υπολογιστούν οι δαπάνες του προσωπικού θα πρέπει πρώτα να οριστεί ο ακριβώς αριθμό των εργαζομένων που θα πρέπει να έχει ένα τέτοιο έργο και στην συνέχεια θα υπολογιστούν τα ωρομίσθια τους.

Συνολικά, στο εργοτάξιο προτείνεται να απασχοληθούν 14 άτομα, με διάφορες ειδικότητες. Θα πρέπει να υπάρχει ένας επικεφαλής μηχανικός, ο οποίος θα είναι και ο Εργοταξιάρχης, ένας Τοπογράφος μηχανικός, ένας εργοδηγός καθώς και ένας Ηλεκτρολόγος.

Επίσης, θα πρέπει να υπάρχουν και τέσσερεις χειριστές βαρέων και ελαφριών μηχανημάτων, οι οποίοι θα χειριστούν τα μηχανήματα της διάτρησης και της κοχλίωσης, καθώς και τα μηχανήματα της υπόγειας και της υπέργειας μεταφοράς.

Τέλος, θα πρέπει να υπάρχουν και πέντε ανειδίκευτοι εργάτες, οι οποίοι θα χειριστούν τα μηχανήματα της παραγωγής του σκυροδέματος κατά την διαδικασία της υποστήριξης.

Σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα (Πίνακα 6.6), το επίδομα του Μηχανικού – Εργοταξιάρχη, το οποίο είναι της τάξης του 85%, προκύπτει από τα εξής επιδόματα: 10% επίδομα γάμου, 5% για 1 παιδί, 10% για σπουδές Master, 10% για μία ξένη γλώσσα, 10% Επίδομα εργοταξίου, 15% για χρήση Η/Υ και 25% Επιβλέποντος Μηχανικού. Τα ίδια επιδόματα θα έχει και ο Τοπογράφος Μηχανικός, εκτός από το Επίδομα του Επιβλέποντος Μηχανικού. Αντίστοιχα, ο εργοδηγός θα έχει 10% επίδομα γάμου, 5% για 1 παιδί, 5% για ξένη γλώσσα, 10% Επίδομα Εργοταξίου, 15% Επίδομα χρήσης Η/Υ και 10% Επίδομα Επιβλέποντος Έργου. Τέλος, ο ηλεκτρολόγος θα έχει τα ίδια επιδόματα με τον Εργοδηγό εκτός από το Επίδομα Επιβλέποντος.

Το ποσοστό του 81,17% για όλο το υπόλοιπο προσωπικό περιλαμβάνει όλες τα παραπάνω επιδόματα μαζί και τις εισφορές τους στα διάφορα ταμεία ασφάλισης καθώς και τα δώρα τους και επίδομα 17% ανθυγιεινής εργασίας.

Πίνακας 6.6 Μισθολόγιο εργαζόμενων (Συλλογικές Συμβάσεις του Τ.Ε.Ε. για τους Μεταλλειολόγους Μηχανικούς και τους εργαζόμενους στην Βιομηχανία από την 1/1/2010)

Προσωπικό		Ημερομίσθιο €	Ώρες εργασίας ανά ημέρα	Συνολικές Ώρες εργασίας	Μηνιαίος Μισθός €	Επιδόματα
1 Μηχανικός (ΑΕΙ)-Εργοταξιάρχης			8h	193h	1.818,70	85%
1 Τοπογράφος			8h	193h	1.818,70	60%
1 Μηχανικός (ΤΕΙ)-Εργοδηγός			8h	193h	1.304,81	55%
1 Μηχανικός Ηλεκτρολόγος (ΤΕΙ)			8h	193h	1.454,96	45%
1 Υπονομοποιός (Γομωτής)		86,12	2h	40h		81,17%
4 Χειριστές Βαρέων και Ελαφριών Μηχανημάτων	**Jumbo (Διάτρησης-Κοχλίωσης)**	88,32	3,6h	72h		81,17%
	Φορτωτής Υπογείων		3,4h	68h		
	Φορτωτής Υπέργειων		3h	193h		
	Φορτηγό Μεταφοράς		2h	40h		
	Ξεσκαρωτής	73,38	30min	10h		
5 Ανειδίκευτοι Εργάτες		46,81	8	193h		101,17%

Με βάση τον Πίνακα 6.6, υπολογίζονται οι συνολικοί μισθοί που θα πληρωθούν όλοι οι εργαζόμενοι στο συγκεκριμένο εργοτάξιο με την ολοκλήρωση των διεργασιών του υπόγειου χώρου σε διάρκεια ενός μήνα. Οι συνολικοί μισθοί αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακα 6.7):

Πίνακας 6.7 Συνολικός Μισθός Εργαζομένων και Συνολικές Δαπάνες Προσωπικού

Προσωπικό	Συνολικός Μηνιαίος Μισθός
1 Μηχανικός (ΑΕΙ)- Εργοταξιάρχης	**3.364,6€**
1 Τοπογράφος	**2.909,92€**
1 Μηχανικός (ΤΕΙ)-Εργοδηγός	**2.022,46€**
1 Μηχανικός Ηλεκτρολόγος (ΤΕΙ)	**2.109,69€**
1 Υπονομοποιός (Γομωτής)	**3.432,51€**
1 Χειριστής Jumbo Διάτρησης-Κοχλίωσης	**3.520,21€**
1 Χειριστής φορτωτή υπογείων	**3.520,21€**
1 Χειριστής ν φορτωτή υπέργειων	**3.520,21€**
1 Χειριστής φορτηγού μεταφοράς	**3.520,21€**
1 Χειριστής ξεσκαρωτή	**2.924,73€**
5 Ειδικευόμενοι Εργάτες	**9.417,57€**
Σύνολο	**40.262€**

6.3.3 Κόστος διαμόρφωσης δαπέδων εργασίας

Το συνολικό πάχος στρώσης του σκυροδέματος για την διαμόρφωση των δαπέδων εργασίας θα είναι 20cm. Θα χρησιμοποιηθεί λοιπόν σκυρόδεμα τύπου C20/25 το οποίο τιμάται 55€/m³. Πρέπει εδώ όμως να τονιστεί ότι για την κατασκευή του δαπέδου εργασίας απαιτείται μία ειδική εργασία, η «ελικοπτέρωση». Η εργασία αυτή τιμάται 15€/m².

Άρα πρέπει να επικαλυφθεί με σκυρόδεμα μια επιφάνεια με εμβαδόν 464m^2. Συνολικά θα χρειαστούν λοιπόν 92,8m^3 σκυροδέματος. **Το κόστος του θα είναι λοιπόν 5.104€.** Λόγω της ελικοπτέρωσης, η οποία κοστίζει επιπλέον 6.960€, **<u>το κόστος ανέργεται συνολικά στα 12.064€.</u>**

6.3.4 Λοιπά Έξοδα

Τα λοιπά έξοδα περιλαμβάνουν το κόστος θραύσης-ταξινόμησης και τα γενικά έξοδα λειτουργίας των κτιριακών εγκαταστάσεων. Όλα αυτά υπολογίζονται ως ένα ποσοστό μεταξύ 5 και 10% των συνολικών λειτουργικών εξόδων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχτηκε το ποσοστό του 10% και **το κόστος ανέρχεται στα 11.850€.**

6.4 Συνολικό Κόστος κατασκευής

Το συνολικό κόστος της κατασκευής υπολογίζεται αν προσθέσουμε το Κόστος Εκμετάλλευσης, τις Δαπάνες του Προσωπικού, το Κόστος της διαμόρφωσης των δαπέδων εργασίας και τα Λοιπά Έξοδα. Ωστόσο, στο συνολικό κόστος δεν θα συμπεριλαμβάνεται το κόστος φωτισμού και πυρόσβεσης.

Άρα, στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.8) δίνονται τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 6.8 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κοστολόγησης

Κόστος Εξόρυξης	**66.175€**
Δαπάνες Προσωπικού	**40.262€**
Κόστος διαμόρφωσης δαπέδων εργασίας	**12.064€**
Λοιπά έξοδα	**11.850€**
Συνολικό Κόστος	**130.352€**

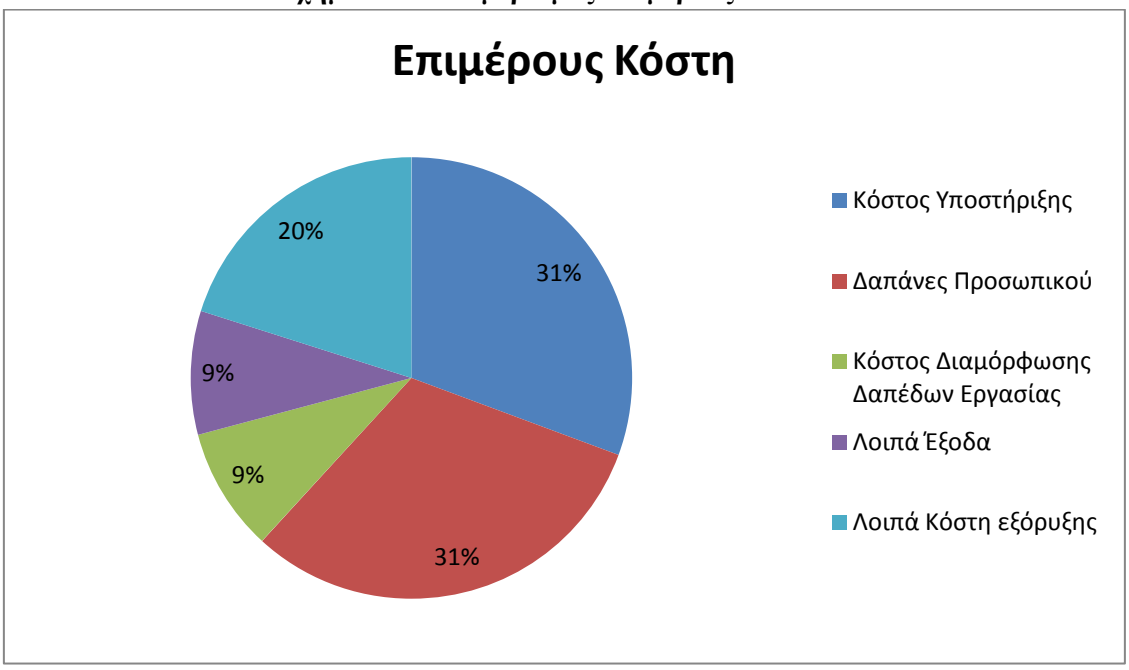
Το Συνολικό Κόστος ανέρχεται στα 130.352 €, δηλαδή κόστος 58€/m^3.

Ωστόσο, πρέπει να συμπεριληφθεί στο συνολικό κόστος κατασκευής το ποσό του ΦΠΑ, το οποίο ανέρχεται στην τιμή του 23%, καθώς και το όφελος του εργολάβου το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 20% και 25% (23%)

Έτσι, το Συνολικό Κόστος λοιπόν ανέρχεται στα 190.314€ περίπου.

Ωστόσο, το πιο σημαντικό κομμάτι του κόστους είναι το κόστος της υποστήριξης και οι δαπάνες του προσωπικού, καθώς όπως φαίνεται και στον παρακάτω γράφημα (Σχήμα 6.2) είναι αντίστοιχα 31% και 31% του κόστους κατασκευής.

Σχήμα 6.2 Καταμερισμός Επιμέρους Κοστών



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Εισαγωγή

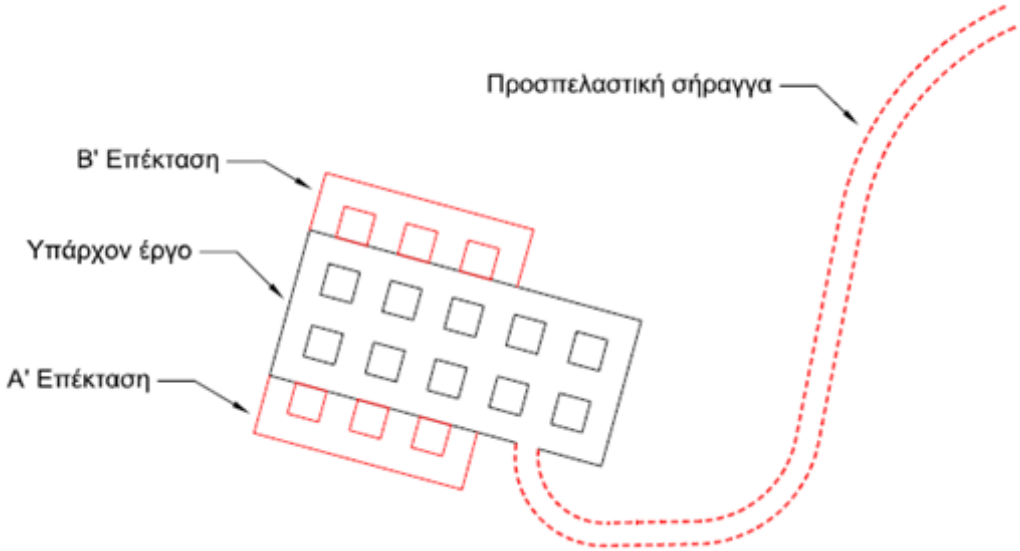
Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολήθηκε με τον σχεδιασμό και την κοστολόγηση δύο επεκτάσεων του ήδη υπάρχοντος υπόγειου αποθηκευτικού χώρου στην περιοχή του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εκάστοτε επέκτασης ενώ τέλος θα γίνουν και οι τελικές προτάσεις για την υλοποίηση των πιθανών επεκτάσεων που εξετάστηκαν.

7.2 Γενικά Συμπεράσματα

Η κατασκευή υπόγειων χώρων αποθήκευσης τοξικών υλικών έχει βρει πρόσφορο έδαφος στην Ευρώπη και την Αμερική εδώ και πολλά χρόνια. Αντίθετα, στην Ελλάδα, και συγκεκριμένα στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου, εγκαινιάστηκε ο πρώτος υπόγειος χώρος αποθήκευσης τοξικών αποβλήτων το 2010. Ένα πρωτοποριακό έργο για τα ελληνικά δεδομένα, το οποίο ανοίγει το δρόμο για την δημιουργία και άλλων παρόμοιων υπόγειων έργων στην Ελλάδα.

Με αφορμή το συγκεκριμένο υπόγειο έργο, προτείνεται η κατασκευή δύο επεκτάσεων. Εξαιτίας του γεωλογικού περιβάλλοντος, καθώς με βάση τις υφιστάμενες γεωτρήσεις φαίνεται που βρίσκεται το στρώμα του ασβεστόλιθου, καθώς και εξαιτίας των προσπελαστικών έργων (φρέαρ και σήραγγα), προτείνεται η να υπάρξουν δύο πιθανά σενάρια επεκτάσεων. Η Α΄ Επέκταση στο νότιο τμήμα του υφιστάμενου υπόγειου χώρου και η Β΄ Επέκταση στο βόρειο τμήμα (Εικόνα 7.1). Η πραγματοποίηση μίας εκ των δύο επεκτάσεων πρόκειται να συμβάλλει στην αύξηση του ωφέλιμου χώρου του ήδη υφιστάμενου υπόγειου αποθηκευτικού χώρου, με αποτέλεσμα να μπορούν να αποθηκευτούν με μεγαλύτερη ασφάλεια περισσότερα επικίνδυνα απόβλητα.

Εικόνα 7.1 Σκαρίφημα της θέσης των προτεινόμενων επεκτάσεων



Η κατασκευή των προτεινόμενων επεκτάσεων αναμένεται να μην αντιμετωπίσει ιδιαίτερη δυσκολία κατά την κατασκευαστική περίοδο, καθώς πρόκειται να κατασκευαστούν με βάση τις υφιστάμενες δομές του υπόγειου έργου. Ο τρόπος της κατασκευής των επεκτάσεων βασίζεται και εδώ στην μέθοδο των θαλάμων και στύλων, μέθοδος που συνδυάζει την κατασκευή του χώρου με την παράλληλη εκμετάλλευση αδρανών υλικών, κάτι που βοηθάει στην μείωση του κόστους κατασκευής του.

Και οι δύο επεκτάσεις, αναμένεται να κοστίσουν το ίδιο, καθώς προτείνεται να κατασκευαστούν με τον ίδιο τρόπο, ενώ ουσιαστικά η Β΄ Επέκταση είναι αντικατοπτρική της Α΄ Επέκτασης.

7.2.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Α΄ Επέκτασης

Η Α΄ Επέκταση, όπως αναλύθηκε στο 4^{ο} Κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας, προτείνεται να κατασκευαστεί στο Νότιο τμήμα του ήδη υφιστάμενου υπόγειου αποθηκευτικού χώρου.

Κατασκευαστικά δεν αναμένεται να αντιμετωπίσει ιδιαίτερες δυσκολίες καθώς τα στοιχεία που υπάρχουν για την συγκεκριμένη περιοχή είναι ικανοποιητικά. Ωστόσο,

θα πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή κατά την διάνοιξή της, καθώς στο νοτιοανατολικό της τμήμα βρίσκεται κοντά με τη θέση τοπικής ανωμαλία που εντοπίστηκε κατά την κατασκευαστική περίοδο του υφιστάμενου έργου. Τέλος, προσοχή χρειάζεται και κατά την χρησιμοποίηση των εκρηκτικών, καθώς η προτεινόμενη επέκταση βρίσκεται αρκετά κοντά σε ευπαθή κτίρια του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου, τα οποία έχουν κριθεί διατηρητέα.

7.2.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Β΄ Επέκτασης

Η Β΄ Επέκταση όπως αναλύθηκε στο 4^{ο} Κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας, προτείνεται να κατασκευαστεί στο Βόρειο τμήμα του ήδη υφιστάμενου υπόγειου αποθηκευτικού χώρου.

Η συγκεκριμένη επέκταση είναι εκτός συνόρων του Πολιτιστικού Πάρκου του Λαυρίου, σε ξένη ιδιοκτησία, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν γεωτρήσεις στην συγκεκριμένη περιοχή. Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν οι ήδη υπάρχουσες γεωτρήσεις, οι οποίες ορύχθηκαν εντός του Πάρκου. Με βάση τα συγκεκριμένα γεωλογικά στοιχεία, και η συγκεκριμένη επέκταση αναμένεται να μην αντιμετωπίσει ιδιαίτερα προβλήματα κατά την κατασκευαστική περίοδο. Ωστόσο, εξαιτίας της έλλειψης περαιτέρω γεωλογικών στοιχείων υπάρχει μια αυξημένη αβεβαιότητα για τα γεωλογικά και γεωτεχνικά δεδομένα κατά το προκαταρκτικό στάδιο που πραγματεύεται η παρούσα εργασία.

Βασικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης επέκτασης βέβαια είναι το γεγονός ότι βρίσκεται εκτός ορίων του Πάρκου, γεγονός που μπορεί να εγείρει ζητήματα συμβατότητας του έργου με το υφιστάμενο ιδιοκτησιακό καθεστώς.

7.2.3 Συνολικό Κόστος κατασκευής των Προτεινόμενων Επεκτάσεων

Με βάση τα επιμέρους κόστη που έχουν υπολογιστεί στο 6^{ο} κεφάλαιο και τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακα 7.1) η κάθε επέκταση αναμένεται να κοστίσει 130.352€ περίπου. Συνυπολογίζοντας το ΦΠΑ (23%) καθώς και ένα

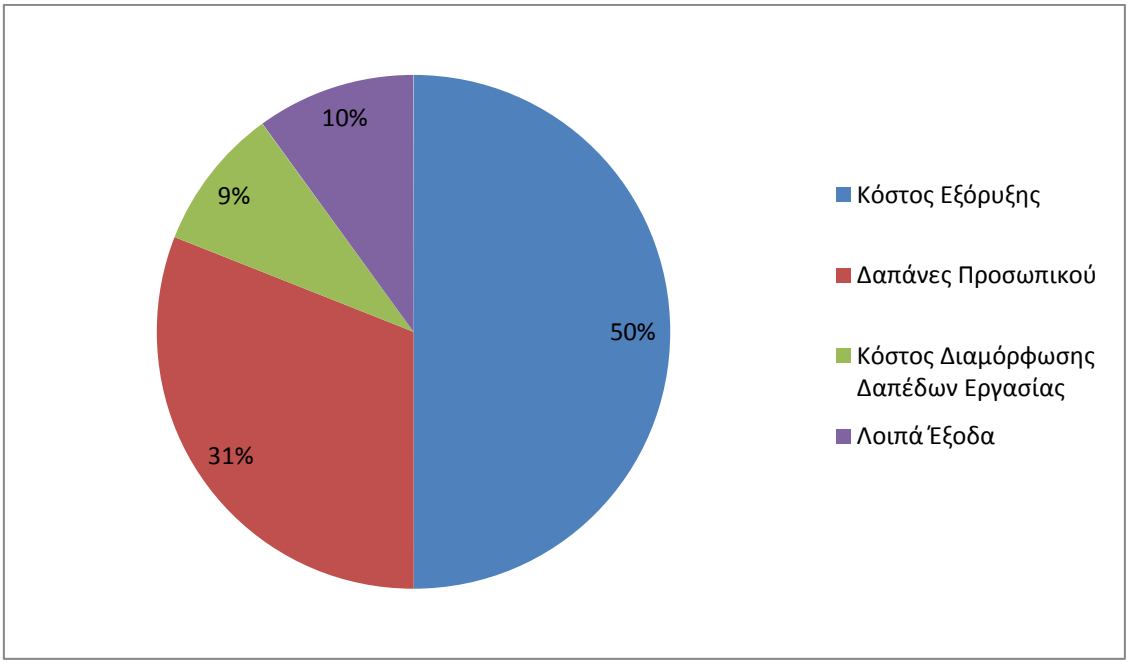
εργολαβικό όφελος της τάξης του 20-25% (23%) υπολογίζεται ότι το κόστος ανέρχεται στην τιμή των 190.314€. Και οι δύο επεκτάσεις αναμένεται να κοστίσουν το ίδιο, καθώς όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η μία επέκταση είναι αντικατοπτρική εικόνα της άλλης.

Πίνακας 7.1 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα Κόστους

Κόστος Εξόρυξης	66.175€
Δαπάνες Προσωπικού	40.262€
Κόστος διαμόρφωσης δαπέδων εργασίας	12.064€
Λοιπά έξοδα	11.850€
Συνολικό Κόστος	**130.352€**
Φ.Π.Α. (23%)	29.981€
Όφελος εργολάβου (23%)	29.981€
Συνολικό Κόστος	**190.314€**

Φαίνεται λοιπόν ότι τα πιο σημαντικά κόστη είναι το κόστος της εξόρυξης με ποσοστό 50% και οι Δαπάνες του Προσωπικού με ποσοστό 31% επί του Συνολικού Κόστους Κατασκευής (Σχήμα 7.1). Το Κόστος της εξόρυξης θεωρείται από τα πιο σημαντικά καθώς συγκαταλέγεται σε αυτό το Κόστος Υποστήριξης, του οποίου το ποσοστό αποτελεί το 31% του Συνολικού Κόστους Κατασκευής σύμφωνα με το Σχήμα 6.2.

Σχήμα 7.1 Καταμερισμός Επιμέρους Κοστών



7.3 Τελική Πρόταση Κατασκευής

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, προτείνεται να προκριθεί η λύση της Α΄ Επέκτασης, καθώς φαίνεται ότι μπορεί να κατασκευαστεί με καλύτερες συνθήκες και επίσης το κόστος φαίνεται να είναι αρκετά ικανοποιητικό. Αντίστοιχα, προτείνεται το σχέδιο της Β΄ Επέκτασης να παραμείνει ως εφεδρεία σε περίπτωση που χρειαστεί να αυξηθεί ο υπόγειος χώρος στο μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καλιαμπάκος Δ. «Σημειώσεις Μαθήματος Υπόγεια Έργα, Αθήνα, 2003»
- Ρόζος Δ. «Τεχνική Γεωλογία ΙΙ, Αθήνα, 2007»
- Παναγιώτου Γ.Ν. «Εξόρυξη Πετρωμάτων Ι, Εξόρυξη με Εκρηκτικές Ύλες»
- Σοφιανός Α.Ι. «Υποστήριξη Υπόγειων Έργων, Τόμος Ι, Αθήνα, 2008»
- Σοφιανός Α.Ι. «Τεχνικές Διάνοιξης Σηράγγων, Τόμος Ι, Αθήνα, 2008»
- Τσουτρέλης Χ. «Στοιχεία Μηχανικής των Πετρωμάτων, Μέρος Ι, Αθήνα, 1985»
- Καλιαμπάκος Δ. «Εδικά Υπόγεια Έργα: Ένα πεδίο δυναμικής ανάπτθξης της Μεταλλευτικής» Αθήνα, 15 Μαΐου, 2003
- Καλιαμπάκος Δ. «Υπόγεια ανάπτυξη, Διαμόρφωση Υπόγειου Χώρου Ι, ΙΙ»
- Καλιαμπάκος Δ. «Εκμετάλλευση Μεταλλείων Ι, Όρυξη Στοών»
- Ξυδούς, Γ., «Μεταλλευτική Ιστορία της Ελλάδας», 5^{ο} Διεθνές Συνέδριο Μεταλλευτικής Ιστορίας, 12-16 Σεπτεμβρίου, Μήλος, 2000
- Καλιαμπάκος Δ. «Υπόγεια ανάπτυξη, Κοστολόγηση Κατασκευής»
- Αθανασόπουλος Σ., Παπαβασιλείου Σ., Διπλωματική Εργασία «Υπόγειο Αποθηκευτικό-Εκθεσιακό Κέντρο Οίνου στα Μεσόγεια Αττικής», Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων-Μεταλλουργών, 2008
- Μαυρομιχάλης Μ.Δ., «Κοστολόγηση Κατασκευής Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης Επικίνδυνων Αποβλήτων στο Τ.Π.Π.Λ.», για το Δ.Π.Μ.Σ.

Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπόγειων Έργων, Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων-Μεταλλουργών, 2010

- Αποστολίδης Ν.Χ., «Μεταλλευτική Εκτιμητική», 1985
- ΠΑΝΓΑΙΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ, «Διαμόρφωση Υπόγειου Χώρου Στο Τ.Π.Π. Λαυρίου, Μελέτη Υπόγειου Χώρου», 2007
- Μπελεγρή-Ρομπόλη Α., Οικονομάκης Γ. Η., «Σημειώσεις Οικονομικής», 2001
- Barton N., Grimstad E. «The Q-System Following Twenty Years of Application in NMT Support Selection», Felsbau 12(6), pp.428-436, 1994
- Bieniawski Z.T., «The effect of Specimen Size on Compressive Strength of Coal», Int. Journal of Rock Mech. Mining Science, Vol.5, pp.325-335, 1967
- Bieniawski Z.T. & Orr, C.M. «Rapid Site Appraisal for Dam foundations by the Geomechanics Classification. Proc. 12th Congr. Large Dams, ICOLD, pp.184-187, Mexico city, 1976
- Bieniawski Z.T., «Engineering rock mass classification. A complete manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering, 251p. A Wiley Interscience publication, New York, 1989
- Hoek E., Brown T.E., «Underground excavations in Rock. 527p. The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1980
- Lunder P., Pakalnis P., «Determination of the Strength of Hard-Rock Mine Pillars», Bull Can Inst. Min. Metall., 1997, 90:5125
- Obert L., Duvall W.I., «Rock Mechanics and the design of Structures in Rock», John Willey & Sons, 1967
- Salamon M.D.G., Munro A.H., «A Study of the Strength of Coal Pillars», Journal of South African Inst. of Mining-Metallurgy, September 1967

- Sandstrom G.E., «The History of Tunnelling», Barrie & Rockliff, London, 1963
- Sterling R., «Underground Technologies for Livable Cities», Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.12, No.4, 1997, pp.479-490

- Roger Nelson, Carlsbad Field Office, USDOE «WIPP Status (and PA Intro)», Salt Lake City, July 13 -14, 2009

- Ozarslan A., Department of Mining Engineering, Zonguldak Karaelmas University, Zonguldak, Turkey «Underground Disposal of Hazardous Wastes in German Mines», Turkey, 2001

- K+S «Underground Waste Disposal Brochure», 2009

- Harukuni TANAKA, General Manager, Corporate Planning Det. Japan Nuclear Fuel Ltd. «Nuclear Fuel Cycle Projects in Rokkasho for Sustainable Future», May 11, 2009

- Conditions of Acceptance for the Underground Waste Dissposal Plant in Herfa-Neurode (UTD), March 2004

- Baart A., K+S Entsorgung GmbH «Underground Waste Disposal Brochure»

- Dr. Roland Liesenberg, K+S Entsorgung GmbH «Deposit of high toxic waste underground storages», November 2008

- Claes Thegerström Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) «Nuclear Waste Management from Public Perception to Industrial Reality»

- Kali und Salz Entsorgung GmbH «Herfa-Neurode Underground Depository, …we go down deep»

- Veolia Environmental Services «Underground Waste Storage Facility, sharing responsibility for the future», 2007

- DIN 15185, «Toleranzen fur Lagersysteme, leitliniengeführten Flurförderzeugen»

- DIN 18202, «Dimensional Tolerances in the Building of Floors»

- Atlas Corpo

http://www.atlascopco.com/us/system/splash.asp

- Schacht Konrad

http://en.wikipedia.org/wiki/Schacht_Konrad

- Salt dome Gorleben

http://en.wikipedia.org/wiki/Salt_dome_Gorleben

- U.S. Department of Energy, Yucca Mountain Repository

http://web.archive.org/web/20080329221001/http://www.ocrwm.doe.gov/ym_repository/index.shtml

- Waste Isolation Pilot Plant

http://www.wipp.energy.gov/

- Deep geological repository

http://en.wikipedia.org/wiki/Deep_geological_repository

- Norbert T. Rempe, « Deep Geologic Repositories, 2008»

http://books.google.com/books?id=wAHdBDxJXrgC&pg=PA31&lpg=PA31&dq=zielitz+underground+waste+disposal+plant&source=bl&ots=CmwO5oMizR&sig=KrAlkUho9_9Zk-VdUu9pBZyuOrE&hl=el&ei=1N9kS7HkJImK_Abi76SABA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=7&ved=0CCoQ6AEwBg#v=onepage&q=zielitz%20underground%20waste%20disposal%20plant&f=false

- Heilbron

http://en.wikipedia.org/wiki/Heilbron

- High – level radioactive waste management

http://en.wikipedia.org/wiki/High-level_radioactive_waste_management

- Waste Isolation Pilot Plant

http://en.wikipedia.org/wiki/Waste_Isolation_Pilot_Plant

- Anders Carlsson, Rolf Christianssons, «Construction experiences from underground works at Oskarshamn, December 2007»

http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-07-66webb.pdf

- Going 450m below the surface at Oskarshamn

http://yach.bloglines.co.za/2010/12/01/going-450m-below-the-surface-at-oskarshamn/

- Japan's Nuclear Fuel Cycle Facilities

http://www.japannuclear.com/nuclearpower/fuelcycle/facilities.html

- Συλλογικές Συμβάσεις για οδηγούς φορτηγών και αντλιών σκυροδέματος Δ.Α. 41/2010 για τους οδηγούς αυτοκινήτων μεταφοράς σκυροδέματος όλης της χώρας (Π.Κ. 20/24–9–2010)

http://www.taxheaven.gr/labordoc/index/view/mid/168

- Συλλογικές Συμβάσεις για χειριστές Μεταλλείων – Λιγνιτωρυχείων ΣΣΕ (ΣΣΕ από 4-10-2010 Π.Κ. 35/2-11-2010)

http://www.taxheaven.gr/labordoc/index/view/mid/290

- Βασικές Τιμές Ημερομίσθιων Δ΄ Τριμήνου 2009, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, 19-1-2011

http://www.ggde.gr/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=40&Itemid=188

- Channel Tunnel

http://en.wikipedia.org/wiki/Channel_Tunnel

- Øresund Bridge
http://translate.google.gr/translate?hl=el&langpair=en|el&u=http://en.wikipedia.org/wiki/%25C3%2598resund_Bridge

- London Underground
http://en.wikipedia.org/wiki/London_Subway

- Hunt Midwest, SubTropolis, the world's largest underground business complex
http://www.huntmidwest.com/subtropolis/index.html

- Σήραγγες Κακιάς Σκάλας
http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CE%BA%CE%B9%CE%AC_%CE%A3%CE%BA%CE%AC%CE%BB%CE%B1

- Καλιαμπάκος Δ., Σημειώσεις Μαθήματος Υπόγεια Έργα, Αθήνα 2003
http://www.metal.ntua.gr/uploads/2547/Simeioseis_UnderWorks.pdf

- Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου
http://www.ltp.ntua.gr/

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας Π1 Συγκεντρωτικός Πίνακας Δεδομένων Κοστολόγησης

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

1.Κόστος Διάτρησης

1.1 Κόστος κορώνας

Αριθμός κορώνων	8
Τιμή αγοράς κορώνας(€)	80 €
Διάρκεια ζωής(m)	600
Συνολικό μήκος Διάτρησης (m)	4965
Σύνολο	640 €

1.2 Κόστος αρχικού στελέχους

Αριθμός αρχικών στελεχών	2
Τιμή αγοράς αρχικού στελέχους (€)	200 €
Διάρκεια ζωής αρχικού στελέχους (m)	2000
Συνολικό μήκος Διάτρησης (m)	4965
Σύνολο	400 €

1.3 Κόστος τελικού στελέχους

Αριθμός τελικών στελεχών	4
Τιμή αγοράς τελικού στελέχους (€)	270 €
Διάρκεια ζωής τελικού στελέχους (m)	2000
Συνολικό μήκος Διάτρησης (m)	4965
Σύνολο	1.080 €

1.4 Κόστος μούφας

Αριθμός μουφών	2
Τιμή αγοράς μούφας (€)	80 €
Διάρκεια ζωής μούφας (m)	4000
Συνολικό μήκος διάτρησης (m)	4965
Σύνολο	160 €

2. Κόστος Υποστήριξης

2.1 Κόστος αγκυρίων

Αριθμός αγκυρίων	214	
Τιμή αγοράς ανά τεμάχιο (€)	28 €	
Τιμή πλακών αγκύρωσης 9 (€)	2 €	
Σύνολο	6420	

2.2 Κόστος δομικού πλέγματος

Συνολικό εμβαδόν επιφάνειας προς κάλυψης (m^2)	500	
Βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο	2,97	
Τιμή του πλέγματος ανά kg	1 €	
Σύνολο	1.486 €	

2.3 Κόστος σκυροδέματος

Συνολικός όγκος σκυροδέματος (m^3)	246	
Τιμή σκυροδέματος ανά κυβικό m	55 €	
Σύνολο	13.530 €	

2.4 Κόστος ινών

Συνολικός όγκος σκυροδέματος (m^3)	200,628	
Αναλογία ινών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	25	kg ανά m^3
Τιμή (€) ανά kg	1,50 €	
Σύνολο	7.523,55 €	

2.5 Κόστος Πυριτικής Παιπάλης

Συνολικός όγκος σκυροδέματος (m^3)	200,628	
Αναλογία πρόσμικτου στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	25	kg ανά m^3
Τιμή (€) ανά kg	2 €	
Σύνολο	10.031 €	

Συνολικό Κόστος Υποστήριξης **38.991 €**

3. Κόστος γόμωσης-πυροδότησης

3.1 Κόστος φυσιγγίων

Συνολικός αριθμός διατρημάτων	2726
Συνολικός αριθμός φυσιγγίων	13630
Βάρος φυσιγγίου (kg)	0,21
Τιμή τεμαχίου (€/kg)	2 €
Σύνολο	5.725 €

3.2 Κόστος καψυλλίων

Συνολικός αριθμός διατρημάτων	2726
Συνολικός αριθμόςκαψυλλίων	2726
Τιμή(€) ανά τεμάχιο	2,20 €
Σύνολο	5.997,20 €

3.3 Κόστος συνδέσμων δέσμης

Τιμή (€) ανά τεμάχιο	1 €
Συνολικός αριθμός συνδέσμων δέσμης	160
Σύνολο	160 €

3.4 Κόστος γραμμής πυροδότησης

Τιμή γραμμής πυροδότησης (€) ανά διάτρημα	0,30 €
Συνολικός αριθμός διατρημάτων	2726
Σύνολο	817,80 €

Συνολικό Κόστος γόμωσης-πυροδότησης	**12.699,60 €**

4. Κόστος φόρτωσης-μεταφοράς

4.1 Κόστος φορτωτή υπογείων

Συνολικές ώρες λειτουργίας	70,3
Μέση τιμή κόστους ανά ώρα (€)	50 €
Σύνολο	3.515 €

4.2 Φορτωτής υπέργειων

Συνολικές ώρες λειτουργίας	60
Μέση τιμή κόστους ανά ώρα (€)	35 €
Σύνολο	2.100 €

4.3 Φορτηγό μεταφοράς μπαζών

Συνολικές ώρες λειτουργίας	41
Μέση τιμή κόστους ανά ώρα (€)	40 €
Σύνολο	1.640 €

Συνολικό Κόστος φόρτωσης-μεταφοράς 7.255 €

5. Κόστος αερισμού

Αριθμός ανεμιστήρων	1
Ισχύς ανεμιστήρα (kW)	90
Ώρες απασχόλησης ανά ημέρα	8
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)	0,05 €
Συνολικές ώρες λειτουργίας	160
Σύνολο	720,00 €

Συνολικά μέτρα πανί αερισμού	33 €
Τιμή μέτρου	20 €
Σύνολο	660 €

Σύνολο 1.380,00 €

6. Κόστος μηχανημάτων διάτρησης-κοχλίωσης

Συνολικές ώρες λειτουργίας	73
Μέση τιμή κόστους ανά ώρα (€)	35 €
Ισχύς (HP)	75
Σύνολο	**2.555 €**

7. Κόστος μηχανήματος ξεσκαρώματος

Συνολικές ώρες λειτουργίας	10
Μέση τιμή κόστους ανά ώρα (€)	35 €
Σύνολο	**350 €**

8. Κόστος μηχανημάτων παραγωγής σκυροδέματος

8.1 Κόστος μονάδας παραγωγής σκυροδέματος

Συνολικές ώρες λειτουργίας	5
Μέση τιμή κόστους ανά ώρα (€)	54,10 €
Σύνολο	270,50 €

8.2 Κόστος μπετονιέρας

Συνολικές ώρες λειτουργίας	3,3
Μέση τιμή κόστους ανά ώρα (€)	62,97 €
Σύνολο	207,80 €

8.3 Κόστος πρέσσας

Συνολικές ώρες λειτουργίας	11,1
Μέση τιμή κόστους ανά ώρα (€)	16,80 €
Σύνολο	186,48 €
Συνολικό κόστος μηχανημάτων	**664,78 €**

Συνολικό Κόστος Εξόρυξης	**66.175,33 €**

ΔΑΠΑΝΕΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ

Αριθμός Μηχανικών-Εργοταξιάρχης	1
Μηνιαίος Μισθός	1.818,70 €
Επιδόματα	85,00%
Σύνολο	3.364,60 €
Αριθμός Τοπογράφων Μηχανικών	1
Μηνιαίος Μισθός	1.818,70 €
Επιδόματα	60,00%
Σύνολο	2.909,92 €
Αριθμός Μηχανικών (ΤΕΙ)-Εργοδηγός	1
Μηνιαίος Μισθός	1.304,81 €
Επιδόματα	55,00%
Σύνολο	2.022,46 €
Ηλεκτρολόγος (ΤΕΙ)	1
Μηνιαίος Μισθός	1.454,96 €
Επιδόματα	45,00%
Σύνολο	2.109,69 €
Αριθμός Γομωτών	1
Ημερομίσθιο	86,12 €
Επιδόματα	81,17%
Συνολικές ημέρες εργασίας	22
Σύνολο(€)	3432,519288
Αριθμός Χειριστών Jumbo Διάτρησης-Κοχλίωσης	1
Ημερομίσθιο	88,32 €
Επιδόματα	81,17%
Συνολικές ημέρες εργασίας	22
Σύνολο(€)	3520,205568
Αριθμός χειριστών φορτωτή υπογείων	1
Ημερομίσθιο	88,32 €
Συνολικές ημέρες εργασίας	22
Επιδόματα	81,17%
Σύνολο(€)	3.520,21 €

Αριθμός χειριστών φορτωτή υπέργειων	1
Συνολικές ημέρες εργασίας	22
Ημερομίσθιο	88,32 €
Επιδόματα	81,17%
Σύνολο(€)	3.520,21 €
Αριθμός χειριστών φορτηγού μεταφοράς	1
Ημερομίσθιο	88,32 €
Συνολικές ημέρες εργασίας	22
Επιδόματα	81,17%
Σύνολο(€)	3.520,21 €
Αριθμός χειριστών ξεσκαρωτή	1
Ημερομίσθιο	73,38 €
Επιδόματα	81,17%
Συνολικές ημέρεςς εργασίας	22
Σύνολο(€)	2924,736012
Αριθμός ειδικευόμενων εργατών	5
Ημερομίσθιο	46,81 €
Επιδόματα	101,17%
Συνολικές ημέρες εργασίας	20
Σύνολο(€)	9417,57238

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ 40.262,31 €

ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΔΑΠΕΔΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Συνολική επιφάνεια προς καλυψη	464
Συνολικός όγκος σκυροδέματος	92,8
Τιμή € σκυροδέματος ανά m^3	55,00 €
Τιμή ελικοπτέρωσης	15,00 €
Σύνολο(€)	**12.064,00 €**

ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ :(10%) 11.850,16 €

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 130.351,81 €

ΦΠΑ	23%
Εργολαβικό Όφελος	23%
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	**190.313,64 €**

Πίνακας Π2 Μισθολόγιο Μηχανικών Βιομηχανίας (ΤΕΙ)

ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΤΕΙ)

ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΤΕΙ)

ΧΡΟΝΙΑ ΠΡΟΥΠ/ΣΙΑΣ	ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΙΣΘΟΣ ΔΑ 43/2009 ΠΚ 26/4.11.2009 Αύξηση 1% 1/1/2010 30/4/2010	ΕΠΙΔΟΜΑ ΓΑΜΟΥ 10%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΠΑΙΔΙ 5%	ΣΥΝΟΛΟ ΑΓΑΜΩΝ 1/1/2010 30/4/2010	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ 1/1/2010 30/4/2010	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ 1 ΠΑΙΔΙ 1/1/2010 30/4/2010	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ 2 ΠΑΙΔΙΑ 1/1/2010 30/4/2010	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ 3 ΠΑΙΔΙΑ 1/1/2010 30/4/2010	ΕΠΙΔΟΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ MASTER 8%	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟΥ 14%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΞΕΝΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ 10%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΥΠΕΥΘΥ-ΝΟΤΗΤΟΣ 15%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 13%
0-3	1.180,90	118,09	59,05	1.180,90	1.298,99	1.358,04	1.417,09	1.476,14	94,47	165,33	118,09	177,14	153,52
3-6	1.284,54	128,45	64,23	1.284,54	1.412,99	1.477,22	1.541,45	1.605,68	102,76	179,84	128,45	192,68	166,99
6-9	1.341,42	134,14	67,07	1.341,42	1.475,56	1.542,63	1.609,70	1.676,77	107,31	187,80	134,14	201,21	174,38
9-12	1.398,51	139,85	69,93	1.398,51	1.538,36	1.608,29	1.678,22	1.748,15	111,88	195,79	139,85	209,78	181,81
12-15	1.454,96	145,50	72,75	1.454,96	1.600,46	1.673,21	1.745,96	1.818,71	116,40	203,69	145,50	218,24	189,14
15-18	1.508,92	150,89	75,45	1.508,92	1.659,81	1.735,26	1.810,71	1.886,16	120,71	211,25	150,89	226,34	196,16
18-21	1.565,20	156,52	78,26	1.565,20	1.721,72	1.799,98	1.878,24	1.956,50	125,22	219,13	156,52	234,78	203,48
21-22	1.620,13	162,01	81,01	1.620,13	1.782,14	1.863,15	1.944,16	2.025,17	129,61	226,82	162,01	243,02	210,62
22-23	1.620,13	162,01	81,01	1.620,13	1.782,14	1.863,15	1.944,16	2.025,17	129,61	226,82	162,01	243,02	210,62
23-24	1.620,13	162,01	81,01	1.620,13	1.782,14	1.863,15	1.944,16	2.025,17	129,61	226,82	162,01	243,02	210,62
24-25	1.676,83	167,68	83,84	1.676,83	1.844,51	1.928,35	2.012,19	2.096,03	134,15	234,76	167,68	251,52	217,99
25-26	1.676,83	167,68	83,84	1.676,83	1.844,51	1.928,35	2.012,19	2.096,03	134,15	234,76	167,68	251,52	217,99
26-27	1.676,83	167,68	83,84	1.676,83	1.844,51	1.928,35	2.012,19	2.096,03	134,15	234,76	167,68	251,52	217,99
27-28	1.735,52	173,55	86,78	1.735,52	1.909,07	1.995,85	2.082,63	2.169,41	138,84	242,97	173,55	260,33	225,62
28-29	1.735,52	173,55	86,78	1.735,52	1.909,07	1.995,85	2.082,63	2.169,41	138,84	242,97	173,55	260,33	225,62
29-30	1.735,52	173,55	86,78	1.735,52	1.909,07	1.995,85	2.082,63	2.169,41	138,84	242,97	173,55	260,33	225,62
30-33	1.796,27	179,63	89,81	1.796,27	1.975,90	2.065,71	2.155,52	2.245,33	143,70	251,48	179,63	269,44	233,52
33-36	1.859,15	185,92	92,96	1.859,15	2.045,07	2.138,03	2.230,99	2.323,95	148,73	260,28	185,92	278,87	241,69
36-39	1.924,21	192,42	96,21	1.924,21	2.116,63	2.212,84	2.309,05	2.405,26	153,94	269,39	192,42	288,63	250,15

Παρατήρηση: 1. Στους υπαγόμενους στην παρούσα χορηγείται **επίδομα ανθυγιεινής ή επικίνδυνης εργασίας** υπολογιζόμενο σε ποσοστό επί του βασικού μισθού, ίσο με εκείνο που χορηγείται από τους εργοδότες σε άλλους εργαζόμενους που απασχολούνται στους ίδιους ανθυγιεινούς ή επικίνδυνους χώρους που εργάζονται αυτοί.

Παρατήρηση: 2 Οι πτυχιούχοι ΤΕΙ Μεταλλειολόγοι-Μεταλλουργοί λαμβάνουν τα ίδια επιδόματα με τους Διπλωματούχους Μεταλλειολόγους ΑΕΙ σύμφωνα με τη Δ.Α.29/06. (*βλ.σχετικό Πίνακα)*

Πίνακας Π3 Μισθολόγιο χειριστών μηχανημάτων υπόγειων έργων

ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ ΕΚΣΚΑΠΤΙΚΩΝ ΑΝΥΨΩΤΙΚΩΝ & ΛΟΙΠΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

1. ΑΔΕΙΟΥΧΟΙ ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ

ΧΡΟΝΙΑ ΠΡΟΫΠ/ΣΙΑΣ	ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΙΣΘΟΣ ΣΣΕ 17.9.2010 ΠΚ 36/9.11.2010 Αύξηση 1,1% *Από 1/1/2010*	ΕΠΙΔΟΜΑ ΤΡΙΕΤΙΑΣ ανά 10%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΓΑΜΟΥ 10%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ 15%	ΣΥΝΟΛΟ ΑΓΑΜΩΝ *Από 1/1/2010*	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ *Από 1/1/2010*	ΕΠΙΔΟΜΑ ΤΕΚΝΩΝ για το 3ο παιδί και άνω 15%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΓΑΛΑΡΙΑΣ 15%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΒΑΡΕΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ			ΕΠΙΔΟΜΑ ΘΑΛΑΣΣΗΣ πλωτών εκσκαφέων-γερανών 10%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΥ Η ΟΘΟΝΗΣ 10%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΥΨΟΥΣ	
									Ιπποδύναμης 0-100 HP 5%	Ιπποδύναμης 101-200 HP 7%	Ιπποδύναμης 201-ΑΝΩ HP 10%			ΚΑΜΠΙΝΑΣ 5μ.-10 μ. από το έδαφος 7,5%	ΚΑΜΠΙΝΑΣ 10 μ. και άνω από το έδαφος 12,5%
0-3	1.180,46	0,00	118,05	177,07	1.357,53	1.475,58	177,07	177,07	59,02	82,63	118,05	118,05	118,05	88,53	147,56
3-6	1.180,46	118,05	118,05	177,07	1.475,58	1.593,63	177,07	177,07	59,02	82,63	118,05	118,05	118,05	88,53	147,56
6-9	1.180,46	236,09	118,05	177,07	1.593,62	1.711,67	177,07	177,07	59,02	82,63	118,05	118,05	118,05	88,53	147,56
9-12	1.180,46	354,14	118,05	177,07	1.711,67	1.829,72	177,07	177,07	59,02	82,63	118,05	118,05	118,05	88,53	147,56
12-15	1.180,46	472,18	118,05	177,07	1.829,71	1.947,76	177,07	177,07	59,02	82,63	118,05	118,05	118,05	88,53	147,56
15-35	1.180,46	590,23	118,05	177,07	1.947,76	2.065,81	177,07	177,07	59,02	82,63	118,05	118,05	118,05	88,53	147,56

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΕΠΙΔΟΜΑΤΩΝ :

Επίδομα οδήγησης μηχανημάτων έργων: 3,22€ την ημέρα (προσαύξηση του 1/22 του βασικού μισθού εκ ποσοστού 6%)

Επίδομα οδήγησης γερανοφόρων οχημάτων: α) 6 - 10 τόνων 5,37€ ευρώ την ημέρα (προσαύξηση του 1/22 του βασικού μισθού εκ ποσοστού 10%)

β) 10 και άνω τόνων 8,05€ ευρώ την ημέρα (προσαύξηση του 1/22 του βασικού μισθού εκ ποσοστού 15%)

Επίδομα ενοικίου στους χειριστές που διαμένουν, λόγω της εργασίας τους, μακριά από τον τόπο της μονίμου κατοικίας τους 280,00 €.

ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΟΙ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΑΕΙ)

ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΟΙ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΑΕΙ)

ΧΡΟΝΙΑ ΠΡΟΫΠ/ΣΙΑΣ	ΒΑΣΙΚΟΣ ΜΙΣΘΟΣ ΔΑ 43/2009 ΠΚ 26/4.11.2009 Αύξηση 1% 1/1/2010 30/4/2010	ΕΠΙΔΟΜΑ ΓΑΜΟΥ 10%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΠΑΙΔΙ 5%	ΣΥΝΟΛΟ ΑΓΑΜΩΝ 1/1/2010 30/4/2010	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ 1/1/2010 30/4/2010	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ 1 ΠΑΙΔΙ 1/1/2010 30/4/2010	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ 2 ΠΑΙΔΙΑ 1/1/2010 30/4/2010	ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΓΑΜΩΝ 3 ΠΑΙΔΙΑ 1/1/2010 30/4/2010	ΕΠΙΔΟΜΑ ΜΕΤ/ΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ		ΕΠΙΔΟΜΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ 10%	ΕΠΙΔΟΜΑ ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ ΘΕΣΕΩΣ				ΕΠΙΔΟΜΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 14%
									MASTER 8%	ΔΙΔΑΚΤΟ-ΡΙΚΟΥ 14%		ΠΡΟΪΣΤ/ΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ 14%	ΠΡΟΪΣΤ/ΝΟΥ Δ/ΝΣΗΣ 18%	ΕΠΙΒΑ/ΝΤΟΣ Ή ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ (βάσει νόμου) 21%	ΓΕΝΙΚΟΥ Δ/ΝΤΟΥ 23%	
0-3	1.476,13	147,61	73,81	1.476,13	1.623,74	1.697,55	1.771,36	1.845,17	118,09	206,66	147,61	206,66	265,70	309,99	339,51	206,66
3-6	1.605,68	160,57	80,28	1.605,68	1.766,25	1.846,53	1.926,81	2.007,09	128,45	224,80	160,57	224,80	289,02	337,19	369,31	224,8
6-9	1.676,77	167,68	83,84	1.676,77	1.844,45	1.928,29	2.012,13	2.095,97	134,14	234,75	167,68	234,75	301,82	352,12	385,66	234,75
9-12	1.748,14	174,81	87,41	1.748,14	1.922,95	2.010,36	2.097,77	2.185,18	139,85	244,74	174,81	244,74	314,67	367,11	402,07	244,74
12-15	1.818,70	181,87	90,94	1.818,70	2.000,57	2.091,51	2.182,45	2.273,39	145,50	254,62	181,87	254,62	327,37	381,93	418,30	254,62
15-18	1.886,14	188,61	94,31	1.886,14	2.074,75	2.169,06	2.263,37	2.357,68	150,89	264,06	188,61	264,06	339,51	396,09	433,81	264,06
18-21	1.956,50	195,65	97,83	1.956,50	2.152,15	2.249,98	2.347,81	2.445,64	156,52	273,91	195,65	273,91	352,17	410,87	450,00	273,91
21-24	2.025,16	202,52	101,26	2.025,16	2.227,68	2.328,94	2.430,20	2.531,46	162,01	283,52	202,52	283,52	364,53	425,28	465,79	283,52
24-27	2.096,04	209,60	104,80	2.096,04	2.305,64	2.410,44	2.515,24	2.620,04	167,68	293,45	209,60	293,45	377,29	440,17	482,09	293,45
27-30	2.169,41	216,94	108,47	2.169,41	2.386,35	2.494,82	2.603,29	2.711,76	173,55	303,72	216,94	303,72	390,49	455,58	498,96	303,72
30-33	2.245,34	224,53	112,27	2.245,34	2.469,87	2.582,14	2.694,41	2.806,68	179,63	314,35	224,53	314,35	404,16	471,52	516,43	314,35
33-36	2.323,93	232,39	116,20	2.323,93	2.556,32	2.672,52	2.788,72	2.904,92	185,91	325,35	232,39	325,35	418,31	488,03	534,50	325,35
36-39	2.405,26	240,53	120,26	2.405,26	2.645,79	2.766,05	2.886,31	3.006,57	192,42	336,74	240,53	336,74	432,95	505,10	553,21	336,74

Σημείωση

Επίδομα ανθυγιεινής ή επικίνδυνης εργασίας: Το επίδομα ανθυγιεινής ή επικίνδυνης εργασίας που χορηγείται από τους εργοδότες σε άλλους εργαζόμενους που απασχολούνται σε ανθυγιεινούς ή επικίνδυνους χώρους, χορηγείται και στους εργαζόμενους που υπάγονται στην απόφαση αυτή στο ίδιο ποσό ή ποσοστό και με τους ίδιους όρους και προϋποθέσεις.
Εάν το σχετικό επίδομα χορηγείται ποσοστιαίως, το ίδιο ποσοστό υπολογίζεται επί του βασικού μισθού των εργαζομένων που υπάγονται στην απόφαση αυτή.

Πίνακας Π5 Μισθολόγιο Ημερομίσθιων Χωρίς εργοδοτικές εισφορές

1ος ΠΙΝΑΚΑΣ

Μέσων βασικών τιμών ΗΜΕΡΟΜΙΣΘΙΩΝ, ΚΟΜΙΣΤΡΟΥ, ΜΙΣΘΩΜΑΤΩΝ, ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ - ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ, που περιλαμβάνονται στις εγκεκριμένες Αναλύσεις Τιμών του Υπουργείου ΥΠΟ.ΜΕ.ΔΙ, για το Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ 2009, που χρησιμοποιούνται σε όλη τη Χώρα:

—τόσο για την αναθεώρηση των συμβατικών τιμών,

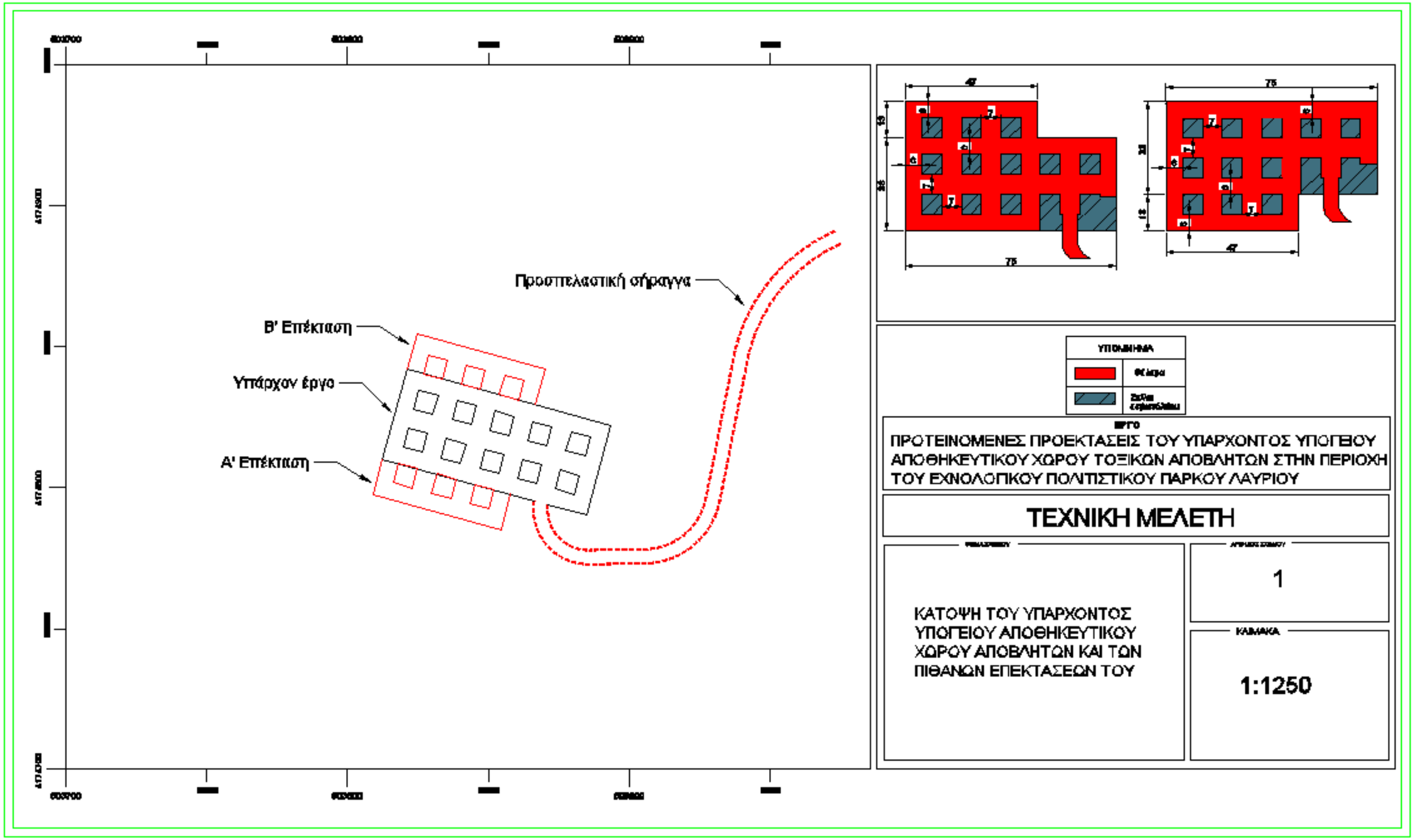
—όσο και για οποιαδήποτε άλλη συμπλήρωση αναλύσεων τιμών (προϋπολογισμοί, ΠΚΤΜΝΕ), των συμβάσεων δημοσίων έργων δημοπρατουμένων ή ανατιθεμένων έργων μετά τη δημοσίευση του Ν. 2052/92 (ΦΕΚ 94/Α/5-6-92), καθώς και για την αναθεώρηση των συμβατικών τιμών προγενεστέρων συμβάσεων, σύμφωνα με τις διατάξεις που ισχύουν γι' αυτές.

Α' ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΗΜΕΡΟΜΙΣΘΙΩΝ

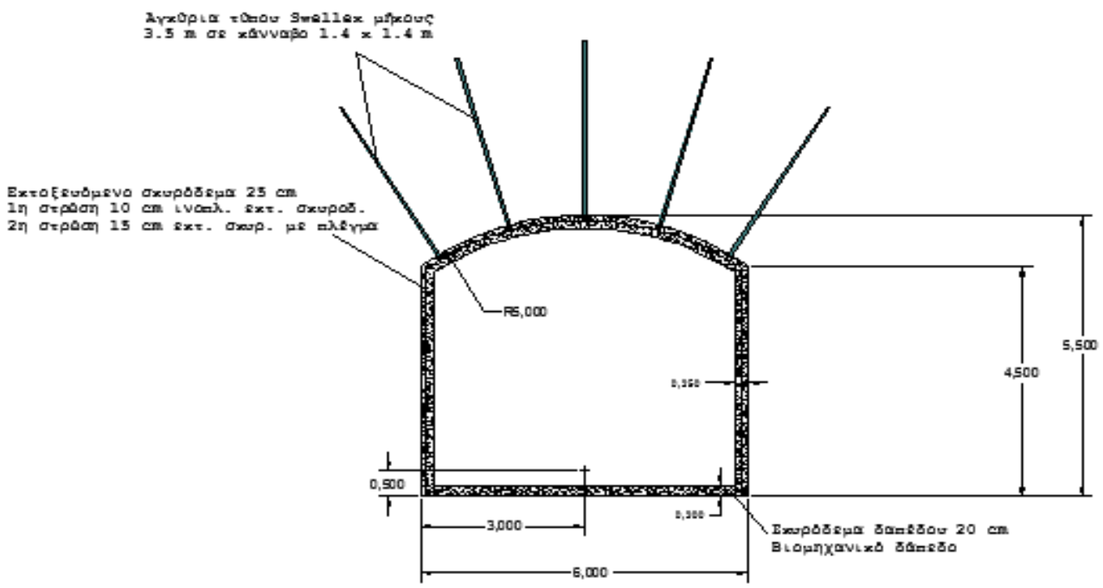
α/α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΔΟΣ ΜΟΝ.	ΑΤΟΕ	ΑΤΕΟ	ΥΔΡ	ΑΤΛΕ	ΠΡΣ	ΑΤΑΕ	ΑΤΗΕ	Ν. ΑΤΕΠ	ΒΑΣΙΚΗ. ΤΙΜΗ (€)
	ΗΜΕΡΟΜΙΣΘΙΑ (χωρίς εργοδοτικές επιβαρύνσεις)										
1	Εργάτης ανειδίκευτος	ημ	001	111	111	111	111	111	001	111	60,01
2	Βοηθός (ειδικευμένος εργάτης)	ημ	002			114			002	112	66,70
3	Βοηθός χειριστή ελαφρού μηχανήματος	ημ				119					66,70
4	Βοηθός χειριστή βαριού μηχανήματος	ημ		118	118	117	118	118		118	67,13
5	Υπονομοποιός	ημ		116	116	115	116			116	86,12
6	Εργάτης ειδικευμένος	ημ		112	112	112	112				66,70
7	Τεχνίτης	ημ	003	113	113	113	113		003	113	88,32
δ	Χειριστής ελαφρού μηχανήματος	ημ	005	115	115	118	115			115	73,38
9	Χειριστής βαριού μηχανήματος	ημ	004	114	114	116	114	114		114	88,32
10	Οδηγός αυτοκινήτου, ελκυστήρα	ημ	008	117	117	120	117	117		117	73,38
11	Τρία ζώα με αγωγέα (σύν.)	ημ	006								117,99
12	Δίτροχο με αγωγέα (σύν)	ημ	007								117,99
13	Οδηγός δύτη	ημ				121					64,02
14	Χειριστής ρόδας	ημ				122					67,37
15	Δύτης	ημ				123					137,85

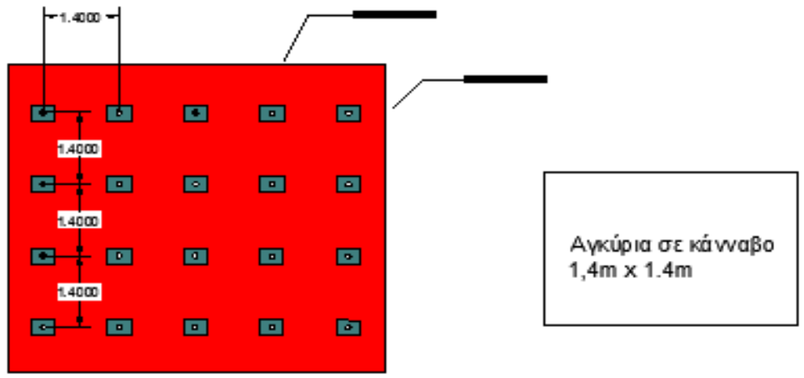
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΩΝ

Σχέδιο Π1 Κάτοψη του υφιστάμενου υπόγειου χώρου και των δύο επεκτάσεών του



Σχέδιο Π2 Τυπική Διατομή θαλάμου πλάτους 6m





Αγκύρια σε κάνναβο
1,4m x 1.4m

ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
	Κοχλίας τύπου Swellex σε κάνναβο 1,4m x 1,4m
	Επιφάνεια οροφής Διατομής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ

ΤΥΠΙΚΗ ΤΟΜΗ ΘΑΛΑΜΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΕΡΓΟΥ - ΘΑΛΑΜΟΣ ΠΛΑΤΟΥΣ 6 m

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ
2

ΚΛΙΜΑΚΑ
1:1250

ΖΑΒΕΡΔΙΝΟΣ ΜΙΧΑΗΛ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2011

Σχέδιο Π3 Τυπική Διατομή θαλάμου πλάτους 7m